

629.78

H-731



**ГОТОВНОСТЬ
ОДНА МИНУТА!**

13690 870

Н.Ф. НОВИКОВ

629,78

H 731

ГОТОВНОСТЬ ОДНА МИНУТА!

13690 Д.

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР
1984

ББК 39.6
Н73

Рецензенты Б. И. Куликов, М. Ф. Ребров

Новиков Н. Ф.

Н73 Готовность одна минута! — М.: ДОСААФ, 1984.—
112 с., ил. 8 л. ил.
75 к.

В книге в популярной форме рассказывается о технических, научных и народнохозяйственных аспектах космической деятельности человека, достижениях СССР в области космических исследований за первую четверть века космической эры.

Для широкого круга читателей.

Н 3607000000—012
072(02)—84 4 0—8 4

ББК 39.6
616

ОТ АВТОРА

Пятьдесят лет назад стартовала первая советская жидкостная ракета, созданная в Московской группе изучения реактивного движения (ГИРД) при Центральном совете Осоавиахима.

Осенью 1931 года группа инженеров, в состав которой входили известные своими проектами межпланетных перелетов Ф. А. Цандер и будущий основоположник практической космонавтики С. П. Королев, поставила задачу — объединить усилия энтузиастов ракетной техники и, создав специализированную общественную организацию, приступить к практической деятельности.

В июне 1932 года по решению Центрального совета Осоавиахима ГИРД получила официальное признание и статус научно-исследовательской и опытно-конструкторской организации. За два года своего существования¹ группа, несмотря на нехватку денег, материалов, оборудования, станков, подходящих помещений, проделала огромную работу по разработке ракет и двигателей к ним. Энтузиазм гирдовцев был настолько велик, что уже в августе 1933 года с полигона Нахабино под Москвой они запустили первую советскую жидкостную ракету ГИРД-09. С этой маленькой ракеты началось создание современного грозного оружия — межконтинентальных баллистических ракет, стоящих на страже нашей Родины, и могучих ракет-носителей, обеспечивающих СССР приоритет в ряду покорителей космического пространства.

Сотрудники ГИРД не могли сделать в то время большего: слишком слабой была научная, техническая и экономическая база страны, пережившей мировую и гражданскую войны, годы разрухи. Но они закладывали начало, будили мысль, собирали под свои знамена сторонников нового дела. А их было немало. И не случайно, что в том же 1931 году группы изучения реактивного движения при Осоавиахиме появились в Ленинграде, а затем в Баку, Тифлисе, Архангельске, Новочеркасске, Брянске.

Прошла уже четверть века с тех пор, как человек приступил к практическому освоению космического пространства. Но

¹ В 1933 году ГИРД с Ленинградской газодинамической лабораторией вошла в состав Реактивного научно-исследовательского института.

энтузиазм осоавиахимовцев жив и поныне. В 1979 году создана Федерация космонавтики СССР, в которую вошли ученые, конструкторы, космонавты, ветераны ракетно-космической техники, писатели и журналисты, объединенные желанием содействовать научно-техническому прогрессу в деле изучения и освоения космического пространства в мирных целях.

Массовый характер подвижнической деятельности первых ракетчиков, повседневная забота Коммунистической партии и советского государства о развитии науки и техники стали залогом ныне хорошо известных успехов в создании отечественного ракетостроения. Запуском 4 октября 1957 года первого в мире искусственного спутника Земли наша Родина открыла первую страницу новой, космической истории земной цивилизации. Именно с этого дня мы ведем летопись всех наших космических свершений — многочисленных запусков научных и народнохозяйственных спутников, лунных и межпланетных автоматических аппаратов, пилотируемых космических кораблей и многоцелевых орбитальных станций.

НА ПУТИ В НЕБО

НАША ГЛАВНАЯ ГАВАНЬ

Берегом Вселенной называл первый советский космодром Байконур главный конструктор ракетно-космических систем Сергей Павлович Королев. Со священной земли Байконура стартуют на встречу с неведомым советские, а теперь и иностранные космонавты. Национальные флаги зарубежных государств развеваются над той самой стартовой площадкой, с которой 12 апреля 1961 года ушел в космос первый гражданин Вселенной — Юрий Гагарин.

Легендарный Байконур... Немногим более четверти века назад здесь была голая, выжженная почти отвесными лучами солнца степь. На сотни километров вокруг ни деревца, ни живой души. Но это как раз и устраивало создателей будущего космодрома: есть где развернуться с многочисленным хозяйством, легче искать отработавшие ступени ракет, неудачный запуск не представляет угрозы промышленным и гражданским объектам. Более трехсот солнечных дней в году — тоже хорошо: облегчаются наблюдения за полетом ракет. Одна беда — удаленность от промышленных и культурных центров страны, суровые условия обитания. Но людей, построивших Днепрогэс, Магнитку, Комсомольск-на-Амуре, это не могло остановить.

И вот холодной зимой 1955 года здесь появились первые палатки и вагончики, забиты «первые колья». Со всех концов страны сюда устремились строители, монтажники, инженеры, начали поступать стройматериалы, всевозможное оборудование, техника.

Ни советская, ни мировая практика не имела опыта строительства таких уникальных объектов как космодром. И тем не менее через несколько месяцев отсюда стартовали первые ракеты, а в октябре 1957 года Байконур заявил о себе на весь мир — с его стартовой площадки был запущен первый в мире искусственный спутник Земли. Надпись на установленном неподалеку от стартовой площадки обелиске первому спутнику — одной из многочисленных реликвий, которыми по-праву гордятся советские люди, гласит: «Здесь гением советского человека начался дерзновенный штурм Вселенной».

Главное сооружение космодрома — монтажно-испытательный корпус (МИК). Сюда поступают космические аппараты и блоки ступеней ракет-носителей, здесь они подвергаются всесторонним поэтапным испытаниям. Затем осуществляется окончательная сборка космического объекта и ракеты-носителя. В МИКе рождается то, что принято называть ракетно-космической системой — предварительно заправленный всеми компонентами топлива корабль стыкуется со своим носителем и надежно укрывается аэродинамическим обтекателем. Теперь их разлучит только космос.



Подмосковный «космодром»
Нахабино, откуда в 1933 го-
ду стартовала ГИРД-09

Собранная и еще раз проверенная ракетно-космическая система совершает свой земной путь от МИКа до стартовой площадки. По заведенной еще С. П. Королевым традиции транспортно-установочный агрегат с уложенным на нем ракетным исполном сопровождаются ученые, конструкторы, испытатели. В конце пути одна из самых ответственных операций — установка ракеты в вертикальное положение и передача ее веса опорам стартового устройства.

Схема стартового устройства Байконура отличается завидной оригинальностью. Она не имеет как такового стартового стола. Ракета опускается примерно на одну четверть своей высоты в проем стартового устройства и подвешивается на четырех опорах ферменной конструкции. В свободном состоянии под тяжестью противовесов эти опоры расходятся в стороны, а сведенные после установки ракеты вместе они образуют единый силовой пояс примерно посередине ракеты-носителя. Веса даже незаправленной ракеты достаточно для удержания опор в сомкнутом положении. Разойдутся они

только тогда, когда тяга двигателей стартующей ракеты сравняется с ее весом.

Ракета закреплена с торца, наведена по азимуту, нацелена в зенит. С двух сторон к ней подводятся фермы с многочисленными площадками обслуживания. К ступеням носителя подключаются коммуникации горючего, окислителя, сжатых газов, системы электропитания, управления, телеметрии. И снова бесконечный цикл предстартовых проверок, по завершении которого ракета заправляется компонентами топлива и сжатыми газами.

За два часа до старта на площадку прибывают космонавты. Привычный, но каждый раз волнующий ритуал проводов. И вот космонавты у самой вершины ракеты на посадочной площадке. Заняв свои рабочие места, экипаж устанавливает радио-, телевизионную связь с командным пунктом космодрома, приступает к проверке бортового оборудования.

Завершается предстартовая подготовка. С каждой минутой ракета приобретает все большую независимость от Земли. Она



Обелиск первому ИСЗ на космодроме Байконур



Здесь провел свою предстартовую ночь Ю. Гагарин

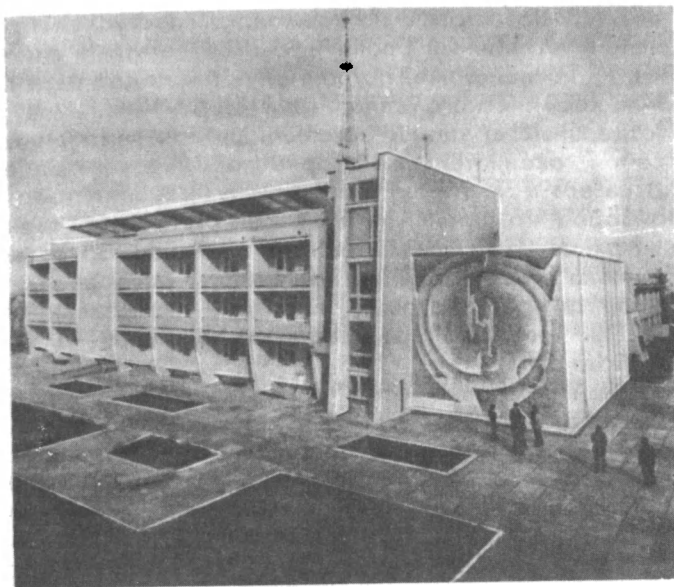
живет, готовясь к прыжку в небо. Опускаются фермы обслуживания. Стартовая площадка пустеет. Управление всеми операциями ведется дистанционно из бункера — выносного командного пункта. В последние предстартовые минуты функции управления берет на себя автоматика. Наконец динамики разносят долгожданную команду: «Зажигание!» У подножия ракеты вспыхивает огромный факел. Стартовая система размыкает свои «объятия», и, сотрясая окрестности, ракета устремляется в зенит. А через несколько минут лишь обожженные плиты стартовой площадки напоминают о минувшей схватке миллионов лошадиных сил ракетных двигателей с не менее могучими силами земного тяготения.

С расширением космической деятельности рос и совершенствовался Байконур. Палатки и вагончики сейчас можно увидеть только на фотографиях в местном музее покорителей космоса.

Менее часа езды от стартовой площадки — и вы в Звездограде — центре лоцманов звездных дорог. Удобная планировка улиц, площадей, жилых кварталов, имеются детские и учебные заведения, магазины, кафе, гостиницы. Есть

здесь и городские пляжи, Дворец культуры. Одна из улиц города носит имя Главного конструктора С. П. Королева. К установленному на

площади памятнику Коро-



Гостиница «Космонавт»

леву обязательно приходят космонавты перед дальней дорогой.

Уже давно космонавты не проводят своей предстартовой ночи в небольшом коттедже недалеко от стартовой площадки — это теперь мемориальный домик Юрия Гагарина. Здесь космонавты могут воздать дань уважения первопроходцу. Живут же они в специально построенной в Звездограде гостинице, которая так и называется «Космонавт». Прекрасные номера, холлы, все необходимое для активного отдыха и подготовки к предстоящему полету, выполнения медицинского контроля и послеполетных обследований. Отсюда экипажи отправляются на старт, сюда же возвращаются они из своего многотрудного рейса.

Таков наш Байконур. Огромны достижения космодрома в выполнении национальных и международных космических программ. И еще не раз мы станем свидетелями выдающихся свершений на орбите, начало которым будет положено здесь, на казахской земле.

ТАК ЗАПРАВЛЯЮТ ЗВЕЗДОЛЕТЫ

За эффектным зрелищем старта космической ракеты всегда угадывается огромный труд тех, кто создает и готовит в путь всю эту фантастическую сложность, которую мы сухо называем ракетно-космической системой.

Со всех концов страны на космодром поступают приборы, оборудование, отдельные блоки и многоагрегатные системы. И уже здесь, на космодроме, осуществляются подготовка ракеты-носителя и космического аппарата к старту и сам их запуск. Сборка отдельных ступеней ракеты-носителя и соединение их между собой, окончательная сборка космического аппарата и пристыковка его к носителю, бессчетные проверки узлов, агрегатов, приборов, комплексные проверки всей подготовленной к запуску космической системы, доставка ее на стартовую позицию, установка в вертикальное положение, проведение огромного комплекса предстартовых операций — вот далеко не полный перечень того, что предшествует последней для ракеты команде «Подъем!».

В длинной технологической цепи предстартовых подготовительных работ важное место занимает заправка ракеты и самого космического аппарата топливными компонентами. От правильной заправки, как, разумеется, и от большинства других операций, во многом зависит успех космического эксперимента. Недозаправить ракету-носитель — значит поставить под угрозу саму возможность выведения полезной нагрузки в назначенную точку космического пространства с заданной конечной скоростью. Из-за нехватки топлива, пусть даже незначительной, двигатели проработают меньше расчетного времени, головной блок не «дотянет» до расчетной траектории, а то и вовсе не получит космической скорости. Перезаправить ракету, залить в нее топливных компонентов больше, чем требуют расчеты, тоже плохо. Хотя бы потому, что весь режим полета рассчитан, причем с высокой точностью, на определенный стартовый вес. Ну а если облить ракету при заправке агрессивными или легковоспламеняющимися компонентами топлива, значит подвергнуть ее опасности быть уничтоженной прямо на стартовом столе...

Многие факторы заставляют выделить заправочные средства в разряд, как принято говорить, спецтехнических, предъявить особо высокие требования к технологии проведения заправки.

Попробуем проследить, в каком порядке и каким образом реализуются основные операции в технологической схеме заправки ракетно-космической системы топливными компонентами.

Перед нами светлое, просторное помещение, напоминающее цех современного завода. Большие ворота, через которые ввозят детали, материалы, сырье и вывозят готовую продукцию. Плакаты, призывающие к соблюдению правил техники безопасности при работе с оборудованием. Слышатся резкие звонки, они доносятся откуда-то сверху, «с небес» — это крановщик мостового крана напоминает, что здесь не следует забываться, нужно быть повнимательней. Станки в нашем цеху совершенно бесшумны и стоят двумя шеренгами с обеих сторон

железнодорожной колеи, которая проходит через все помещение. Итак, мы на одной из заправочных станций космодрома, где производится заправка не всей космической системы, а лишь ее головного блока — пилотируемого корабля, автоматического спутника или межпланетной станции, иногда с последней ступенью ракеты-носителя. Происходит это примерно так. Будущий космический объект на платформе движется по железнодорожной колее мимо «станков» — заправочных колонок. Во все концы от них разбегаются трубопроводы, шланги, кабели. По одним к колонке подается из хранилища топливный компонент, другие связывают ее с расположенными на значительном расстоянии пультами управления заправкой. Сами колонки, как часто говорят, лишь осуществляют коммутацию между «землей» и «бортом», обеспечивают герметическое соединение гидравлических коммуникаций «заправщика» и «заправляемого».

На заправочной станции, куда мы пришли, несколько колонок. И это вполне понятно: двигательные установки космических аппаратов в зависимости от их назначения (маршевые, корректирующие, двигатели торможения, микродвигатели ориентации) работают на различных видах химического топлива, используя различные горючие и окислители. Кроме того, нужны еще и газовые колонки для заправки аппаратов сжатыми газами (воздухом, азотом, гелием), а также колонки вакуумирования для удаления воздуха из заправочных магистралей и баков космического аппарата.

Если от заправочной колонки пойти вдоль топливной магистрали, то попадешь в дозаторную. Здесь осуществляются самые ответственные операции заправки — набор определенного полетным заданием количества топливного компонента и тщательный контроль набранной дозы.

На высокоточных весах установлена емкость-дозатор, снизу или сверху к ней подходят гибкие шланги. Поскольку масса шлангов и их жесткость влияют на результаты взвешивания, количество связей дозатора с внешним миром сведено к минимуму: наполнение дозатора и выдача компонента из него производятся по одному и тому же гибкому шлангу. Кроме него, имеются шланги наддува и дренажирования (отвода газов), часто тоже объединенные в один. После того как набрано необходимое количество топливного компонента, в дозатор под давлением подается газ, который выталкивает компонент топлива к заправочной колонке.

Дозаторная соединена переходом со следующим помещением — хранилищем топливного компонента. На высоких подставках-ложементах находятся емкости для приема компонента из авто- или железнодорожных цистерн и его длительного хранения. Хранить компоненты ракетного топлива не так просто — нужно строго поддерживать заданные параметры, контролировать содержание примесей, влаги. Емкости хранилища обо-

рудованы приемными и сливными коммуникациями, контрольными и предохранительными устройствами, пробоотборниками и другими приборами. Многочисленными разнокалиберными трубопроводами емкости хранилища связаны между собой, а все вместе — с насосной станцией, куда сейчас лежит наш путь.

На насосной станции имеется несколько блоков перекачки, в каждом из которых скомпоновано несколько однотипных центробежных насосов. Благодаря этой однотипности обеспечивается взаимозаменяемость насосов в случае неисправности одного из них. С помощью насосной установки осуществляется перекачка компонентов из транспортных средств в емкости хранилища, а также производится перемешивание компонента, когда нужно выровнять его температуру по всему объему емкости. Кроме того, эти же насосы прокачивают компонент через теплообменные устройства, которые вместе с емкостями хранилища и коммуникациями образуют огромный термостат. Ну и, конечно, насосная станция выполняет главную свою работу — подает топливо в дозатор.

Здесь же, в насосной, в заглублении пола располагаются и вспомогательные емкости, куда сливают остатки компонентов из магистралей и насосов после окончания заправки. Затем остатки удаляются с помощью системы пневматического выдавливания в емкости для «утиля».

В других помещениях заправочной станции (а их немало) можно встретить похожие агрегаты и системы, которые служат для заправки другими компонентами топлив. Отдельно размещается холодильный центр заправочной станции. Его окончное оборудование — теплообменники — можно увидеть в разных местах заправочной станции: их имеет каждая нуждающаяся в этом система. Холод подается потребителям так же, как сжатый воздух, вода, газ.

На втором этаже здания заправочной станции многочисленные, как их здесь называют, пульты, то есть комнаты и залы, где установлены пульты управления. Совершенная аппаратура и хороший обзор рабочих помещений облегчают контроль за исполнением поданных команд, дают возможность следить за тем, как головной блок проходит технологический цикл заправки. А цикл для заправочной станции начинается задолго до того, как в нее ввезут головной блок.

Пока в монтажно-испытательном корпусе космических объектов (МИК КО) проходит последнюю проверку собранный головной блок, заправочная станция готовится к его приему. Прежде всего компоненты топлив для максимального повышения их плотности охлаждаются до минимально допустимых температур. Такое охлаждение компонентов заложено в технологическую схему заправки еще при разработке аппарата. Охлаждение позволяет наилучшим образом использовать объем топливных баков космического аппарата и в конечном счете

дает возможность при конструировании аппарата ставить на него баки минимального (для данного количества топлива) объема, а значит, и минимальной массы. Для охлаждения какого-либо компонента его прокачивают по кольцу, включающему одну или несколько емкостей хранилища и теплообменники, к которым подводится холод.

Наряду с охлаждением (на космодроме обычно говорят «захлаживание») производится деаэрация топливных компонентов. Известно, что газ, содержащийся в жидкости в растворенном или взвешенном состоянии, на участках магистралей с пониженным давлением выделится из жидкости и сформируется в большие пузыри. Это отрицательно скажется на работе топливной системы, а следовательно, и двигательной установки космического аппарата вплоть до отказа в ее работе. Поэтому концентрацию газов в топливных компонентах перед заправкой ими баков космического аппарата стараются максимально уменьшить. Способов деаэрации существует множество. Например, барботирование топлива (пропускание нейтрального газа через толщу компонента), использование гидроциклонов и т. п.

Охлаждение и деаэрацию можно считать основными операциями при подготовке топлива к заправке, в принципе обе они могут проводиться и непосредственно в процессе заправки головного блока.

После того как получены положительные результаты контрольных проверок в МИК КО, космический аппарат на специальной тележке подается на заправочную станцию. Оттуда после заправки компонентами и сжатыми газами его отвезут в основной монтажно-испытательный корпус. Здесь головной блок состыкуют с ракетой-носителем, проверяют полностью собранную ракетно-космическую систему и, наконец, отправят ее на старт.

Давайте на время оставим космический объект и ракету-носитель и отправимся к стартовому комплексу, где будет происходить заправка ракеты-носителя. В некоторых случаях на стартовой позиции осуществляется также дозаправка головного блока некоторыми компонентами топлива и сжатыми газами.

В отличие от уже знакомой нам заправочной станции, находящейся на удалении в несколько километров от места старта, системы для заправки носителя располагаются в непосредственной близости от стартового сооружения. Все заправочное оборудование установлено в заглубленных помещениях, надежно укрытых сверху на случай аварийного пуска ракеты. Под мощными бетонными сводами мы видим те же емкости, насосы, трубопроводы, какие встречали на заправочной станции. Однако они значительно солидней, фундаментальней. И это понятно: объемы компонентов здесь составляют не сотни литров, а сотни кубических метров. По-другому выглядят и сами помещения, хранилища, насосные станции, совсем другое здесь «жизненное

пространство». Бесконечные подземные лабиринты — потерны — соединяют одно сооружение с другим, все внушительно и впечатляюще.

Здесь сейчас тоже готовятся к заправке — идет охлаждение компонентов топлива. Вспомогательные насосы прокачивают горючее через теплообменные аппараты и возвращают его в емкости хранилища. Мощные эжекторы (это устройство по своим функциям напоминает пульверизатор) отсасывают парогазовую смесь из резервуаров, где хранится окислитель — жидкий кислород. Удаление смеси способствует интенсивному испарению кислорода. На это, как известно (вспомните свой домашний холодильник), расходуется тепло, и температура кислорода в емкостях снижается. Попадая в специальный теплообменник-конденсатор, пары конденсируются, а выделяемое при этом тепло отбирается жидким азотом. Сжиженный в конденсаторе кислород возвращается в хранилище.

Если по подземному бетонированному лабиринту пойти из помещения заправщика в сторону стартового сооружения, то на всем пути (а это сотни метров!) вас будут сопровождать огромного диаметра трубы, покрытые мощной теплоизоляцией. Это — магистральные трубопроводы, по которым компоненты топлива подаются к стартовому сооружению. Трубопроводы оборудованы компенсаторами тепловых деформаций, содержат средства обслуживания и контроля. В пути следования компонента топлива по магистральному трубопроводу производится фильтрация компонента, замеряются выходные параметры заправочного агрегата (расход жидкости, ее давление, температура). Из подземных лабиринтов трубопроводы выходят под стартовый стол, на котором стоит ракета, и через гибкий шланг-переходник соединяются с трубопроводами фермы обслуживания. На соответствующих высотах фермы обслуживания (обычно по рабочим площадкам) эти трубопроводы разветвляются, расходятся каждый к своей ступени ракеты. В каждой такой ветви устанавливаются приборы, которые контролируют параметры компонента перед тем, как он попадет в баки ракеты.

Заправочный агрегат может соединяться с баками ракеты и не одним трубопроводом. Совершенно необходим, например, трубопровод не только для заправки, но и для слива нагретшегося при стоянке ракеты компонента (без циркуляции невозможно термостатировать баки ракеты, то есть с помощью аппаратуры автоматического регулирования поддерживать в них постоянную температуру). Третьим может быть так называемый трубопровод закольцовки — он соединяет между собой незаполненные жидкостью полости баков (газовые подушки) ракеты и емкостей хранилища. Такое соединение совершенно необходимо при заправке ракеты компонентами, которые содержат летучие токсичные фракции. Если учесть, что кроме топливных коммуникаций (а топливо — это горючее плюс окислитель) по ферме обслуживания проходят еще и газовые

(азот, воздух, гелий) магистрали, силовые кабели, кабели телеметрии, управления, связи и многие другие коммуникации, то станет ясно, какую сложную систему представляет эта ферма, соединяющая ракету с внешним миром на все время подготовки старта.

Но вот ракета доставлена на стартовую площадку. Отъехал транспортно-установочный агрегат, привезший из МИКа и нацеливший в небо многотонную громаду. Пристыкованы к ракете всевозможные, в том числе и заправочные, коммуникации. Снова, уже в который раз, подвергаются тщательной проверке ракета-носитель и головной блок; по особой, скрупулезно продуманной схеме контролируется правильность функционирования всех систем, причем вместе с «бортом» проверяется и «земля». Частью такой комплексной проверки является так называемая «сухая» заправка ракеты, когда, как на генеральной репетиции, проигрывается весь цикл заправки (но без подачи компонентов), контролируется правильность срабатывания запорно-распределительной арматуры, всех бесчисленных дистанционно управляемых клапанов, распределителей, сигнализаторов.

Наконец, все окончательно проверено самыми придирчивыми контролерами-испытателями. Можно приступать к «мокрой» заправке. С центрального поста подготовки ракеты к пуску (ЦПП) получено разрешение на начало заправки. Включаются и выводятся «на режим» насосы, и после заполнения заправочных коммуникаций компонентам открывают путь в емкости ракеты. В процессе заполнения баков ракеты контролируется уровень жидкости в каждом из них. За этим следит система контроля уровня (СКУ). По известной геометрии баков, которая после изготовления бака на заводе уточняется контрольными проливами (тарируется), и температуре (а следовательно, и плотности) определяется количество заправленной жидкости. Для этого достаточно измерить уровень жидкости в баке с помощью всевозможных (поплавковых, индукционных, ультразвуковых и пр.) уровнемеров. Независимо от СКУ количество поданного топлива определяется также и магистральными приборами, то есть существует как бы двойной контроль.

В процессе заполнения баков производится их дренажирование — сброс газовой фазы вместе с парами компонента через дренажно-предохранительные клапаны в емкости заправочного агрегата. Дренажирование кислородных баков осуществляется прямо в атмосферу, в результате ракета окутывается белыми облачками, которые можно видеть на экранах телевизоров во время репортажа с космодрома.

Заправка окончена. Отведена ферма обслуживания. Лишь вспомогательные трубопроводы, уложенные на небольшой мачте, соединяют кислородный заправщик с баками ракеты. Идет подпитка баков — компенсация кислорода, испаряющегося во

время стоянки и выбрасываемого при дренажировании. За несколько секунд до старта заправочная мачта отойдет от борта ракеты-носителя, разорвется последняя ниточка в системе заправщик — ракета. Пройдут секунды, и будет подана команда «Зажигание!». Компоненты топлива ворвутся в камеры сгорания, заполыхает пламя могучих двигателей, и многотонная громада, набирая все большую скорость, отправится в далекое космическое путешествие.

На первый взгляд, в работе служб заправки нет больших сложностей. И аппаратура у них нехитрая: емкость, насос, труба, клапан. Однако достаточно просмотреть список специальных и общетехнических систем, обеспечивающих заправку, чтобы понять сложность задач, которые стоят перед разработчиками систем заправки. Вот этот далеко не полный список: системы термостатирования, нейтрализации токсичных компонентов (ее можно назвать системой химической безопасности), дистанционного и автоматического управления, телеметрии, связи, оповещения, газового анализа, сигнализации, пожаротушения, вентиляции, водоснабжения и промышленной канализации, освещения, отопления, энергоснабжения, огневой защиты, грозозащиты, герметизации помещений и т. д. Появление каждой системы в заправочном комплексе продиктовано не прихотью конструктора, а насущной необходимостью.

Взять, к примеру, химические свойства применяемых в ракетной технике топливных компонентов, таких, как азотная кислота и ее производные, несимметричный диметилгидразин, керосин, перекись водорода, спирт, жидкие водород и кислород. Все они, за небольшим исключением, — токсичные или огнеопасные и очень агрессивные вещества. Некоторые соединяют в себе сразу несколько подобных «прекрасных» качеств. Самая обыкновенная перекись водорода, растворы которой без особых мер предосторожности используются в медицине и салонах красоты, в концентрированном состоянии становится весьма опасной: повышение температуры, резкий удар, быстрое изменение освещенности, соприкосновение с медью или острой кромкой в магистрали может привести к быстрому разложению перекиси, сопровождающемуся взрывом. Отсюда первая проблема: должна быть обеспечена полная безопасность работы всех средств заправки.

Общая проблема безопасности распадается на многие десятки частных, требующих множества конкретных технических и организационных решений. Вот некоторые из них.

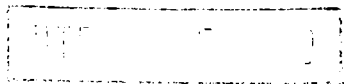
Как правило, заправка компонентов топлива производится с различных площадок обслуживания при максимальной изоляции друг от друга самовоспламеняющихся топливных пар, таких, скажем, как азотная кислота и несимметричный диметилгидразин. Все управление подготовкой агрегата к заправке и самой заправкой осуществляется дистанционно с больших расстояний или с помощью автоматических систем. Автома-

тика позволяет резко сократить необходимое количество специалистов, обслуживающих систему, а в некоторых операциях — обойтись без людей.

С точки зрения специалистов по технике безопасности, «враг номер один» на заправочной станции — утечка компонента. Вот почему при сборке любого заправочного агрегата не только тщательно герметизируются все его полости, но и предусматривается возможность периодического, а иногда и непрерывного контроля за состоянием стыков. Оборудование и арматура заправочных агрегатов изготавливаются из нержавеющей материалов, внутренние полости коммуникаций и емкостей подвергаются химической обработке (пассивации), снижающей коррозионное воздействие агрессивных топливных компонентов. Все кабельные линии (силовые, контрольные, линии управления) и вводы изготовлены в так называемом взрывозащитном исполнении и упрятаны в металлические трубы. Чтобы избежать накопления статического электричества, оборудование соединяется электрически и заземляется.

73690 87. Все заправочные агрегаты снабжены устройствами, которые предотвращают пролив компонентов или быстро удаляют пролитую жидкость, если она все-таки появилась. Предусматривается нейтрализация компонентов (его газовой и жидкой фаз) при дренажировании емкостей хранилища. На выходе и входе всех вентиляционных магистралей устанавливается огневая защита — она полностью предотвратит проникновение пламени в помещения, где хранятся компоненты или идет заправка. Основные коммуникации заправщика и баки ракеты связаны соединительными магистральями (закольцованы) с емкостями хранилища. Это исключает выброс токсичных паров в атмосферу. Перед устройствами отсечки, проще говоря, дистанционно управляемыми заслонками, перекрывающими тот или иной трубопровод, устанавливаются специальные гасители ударной волны. Они предотвратят резкое повышение давления (гидроудар), которое могло бы нарушить герметичность системы, разорвать ее. Все помещения, где находятся заправочные агрегаты, оборудуются мощной вентиляцией, разнообразными средствами пожаротушения, системами контроля газового состава воздуха и предупреждения о пожарной, химической или иной опасности, герметизируются, отделяются от внешнего мира с его вечными непредвиденными случайностями.

Как видим, забот у конструктора заправочных систем немало. Но ведь мы коснулись только проблемы безопасности. А безопасность — не самоцель. Заправочный агрегат существует не для того, чтобы от него защищаться. Он должен перекачать в баки головного блока или ракеты-носителя определенные дозы различных топливных компонентов. И не просто перекачать, а отмерить с очень высокой точностью. Элементарный расчет показывает, что погрешность при заправке ракеты-носителя всего в несколько процентов может дать отклонение в массе,



соизмеримое с массой полезной нагрузки, и свести на нет саму возможность вывода на орбиту полезного груза. Поэтому за проблемой безопасности следует вторая проблема под общим названием «точность дозирования».

Какова, на ваш взгляд, точность заправки современных космических ракет? Три, пять процентов? Да так ли уж важно изыскивать мыслимые и немыслимые ухищрения для уменьшения погрешности выдаваемых в баки ракеты доз топлива?

Рассмотрим простой пример. Перед нами ракета со стартовой массой в 3000 тонн и коэффициентом совершенства (отношение сухой массы ракеты к стартовой), равным 0,1. Сухая масса такой ракеты (масса конструкции и приборов)— 300 тонн. Остальные 2700 тонн составляют горючее, окислитель и сжатые газы. Нетрудно заметить, что при точности заправки, например два процента, отклонение от нормальной (требуемой) дозы может достигать 54 тонн! На такую величину можно было бы уменьшить стартовую массу ракеты, если бы заправочные средства смогли обеспечить выдачу абсолютно точной дозы.

Но это еще не все. Поскольку знак погрешности — плюс (перебор) или минус (недобор компонента) — обычно определить невозможно, то для исключения недобора приходится идти на заведомое увеличение расчетной дозы, соответствующее погрешности измерителя. Чтобы не оказаться «в минусе», вместо расчетной (и необходимой нам для полета) дозы 2700 тонн мы вынуждены назначить дозу 2754 тонны. Если же теперь при заправке ракеты с той же погрешностью измерителя мы окажемся в «плюсе», то набранная доза составит 2809 тонн. А нам-то надо было 2700.

Отсюда ясно, что повышение точности заправки — это прежде всего увеличение полезной нагрузки при той же стартовой массе ракеты (при нулевой погрешности заправки полезную нагрузку можно было бы увеличить еще на целых 4 тонны).

Способов и устройств для контроля дозы заправляемых компонентов топлива существует великое множество. Однако все они основываются на весовом или объемном дозировании. В первом случае сразу определяется масса дозы с помощью высокоточных весов, на которых устанавливается дозатор, или тензометрических датчиков, вмонтированных прямо в пусковую платформу и замеряющих массу сначала сухой, а потом заправленной ракеты. Во втором случае находится объем дозы по геометрическим характеристикам ракетных баков и уровню топлива в них или по различным объемным расходомерам, устанавливаемым в магистралях заправочного агрегата. По известным физическим свойствам компонента объемная доза затем пересчитывается в весовую.

Класс точности любого измерителя в принципе можно сделать очень высоким. Но каким бы высоким он ни был, ряд косвенных факторов может свести на нет все усилия разработчика

этого измерителя. Например, для пересчета объемной дозы в весовую необходимо точно знать температуру заправляемого компонента. Ее отклонение от расчетной всего на несколько градусов может привести к ошибке в оценке дозы в несколько процентов. Поэтому температура компонента должна быть строго определенной, что обеспечивается системой термостатирования. Однако термостатирования одних емкостей заправочного агрегата еще недостаточно. Ведь этот агрегат и баки ракеты могут разделять десятки и даже сотни метров трубопроводов, температура которых отличается от температуры компонента, что также может повлиять на точность заправки.

Для устранения этого влияния все заправочные коммуникации предварительно охлаждаются прокачкой через них переохлажденного компонента. Иногда наряду с трубопроводами предварительно охлаждают и сами заправляемые баки ракеты с помощью многократного «полоскания» стенок баков компонентом и последующего удаления его в исходные емкости или выброса в атмосферу.

Далее. В процессе заправки теплообмен компонента с окружающей средой внесет свои коррективы, и температура в баках ракеты существенно изменится. Поэтому емкости заправщика, магистральные трубопроводы, а иногда и баки ракеты покрывают термоизоляцией.

Во время заправки поверхность жидкости в баках ракеты (уровень) колеблется, что может повлечь преждевременное срабатывание автоматического сигнализатора уровня, управляющего отсечной арматурой. Парировать колебания уровня призваны специальные гасители, устанавливаемые на входе в баки и способствующие успокоению уровня жидкости. В системе контроля уровня также предусматривается успокоитель. Сигнализаторы уровня дублируются и устанавливаются на некотором расстоянии друг от друга, работая в режиме «голосования».

При пользовании магистральными расходомерами на погрешность измерения дозы может повлиять летучесть компонента. Интенсивное испарение в баках приведет к тому, что в атмосферу уйдет большое количество компонента в виде паров при дренажировании баков по мере их заполнения. Учесть такие потери практически невозможно. А вот если газовые полости баков ракеты и емкостей заправщика объединить трубопроводом, то возвращаемое в хранилище количество компонента можно подсчитать.

В тех случаях, когда требуется особо высокая точность заправки, учитывается даже изменение концентрации растворенного в топливе газа.

По окончании заправки вследствие инерционности средств автоматики и отсечного устройства, которая может достигать десятков секунд, происходит «проскок» дозы. Значение его будет тем больше, чем больше расход топлива и время срабатывания отсечного устройства. Из-за опасности гидравлического

удара бесконечно уменьшать время закрытия отсечной арматуры нельзя. Поэтому идут по пути уменьшения расхода компонента. При приближении к номинальной дозе в систему управления заправкой подается сигнал о достижении некоторого предварительного уровня, и расход жидкости автоматически уменьшается. Это позволяет значительно снизить величину неконтролируемого поступления компонента при отсечке.

Ракета заправлена. Продолжаются работы предпускового периода. Газовые полости баков ракеты и заправочного агрегата разобщены. Топливные компоненты в баках ракеты обмениваются теплом с окружающей средой. Часть их испаряется и выбрасывается в атмосферу при дренажировании. В результате уровень жидкости в баках меняется. Чтобы оценить степень отклонения дозы от расчетного значения, необходимы данные об истинном значении температуры в баках. А это теперь не так-то просто: из-за температурного расслоения компонента по высоте каждый температурный датчик в баке в зависимости от высоты его установки показывает свою температуру. Выровнять температуру по всему объему бака можно перемешиванием содержимого бака, например барботированием. Если после перемешивания средняя температура компонента окажется отличной от заданной, компонент опять подвергают термостатированию. Для этого в баки подают холодный компонент, одновременно сливая нагретую жидкость в емкости хранилища. Прокачка осуществляется до установления заданной температуры компонента и баков ракеты, которая тоже менялась в результате нагрева. После этого корректируется уровень топлива в баках дозаправкой или сливом. Если на носителе применяется криогенное топливо (жидкие кислород и водород), то корректировка может проводиться непрерывно с помощью системы подпитки, которая отключается за несколько секунд до старта.

Перечень факторов, влияющих на точность заправки, не исчерпывается рассмотренными выше. Необходимо учитывать такие, например, факторы, как влияние подсоединяемых коммуникаций при весовом дозировании, и динамическая погрешность объемных расходомеров, и отклонение ракеты от строго вертикального положения, и ветровые или тепловые (солнце с одной стороны) деформации баков и самой ракеты и многие другие. Этот список может быть продолжен.

Здесь было рассказано лишь о малой доле задач и конкретных дел, с которыми сталкиваются конструктор систем заправки и персонал, обслуживающий такие системы. Как видите, дел немало, и они составляют лишь небольшую часть огромной и чрезвычайно ответственной работы, которую ведут создатели ракетно-космической техники и все службы, обеспечивающие успешное выполнение теперь уже массовых космических экспериментов.

ГОТОВНОСТЬ ОДНА МИНУТА!

Благодаря системам телевидения и радиовещания с этой командой сегодня «знакомы» миллионы телезрителей и радиослушателей. Многие сотни раз звучала она на космодромах страны, усиленная динамиками громкой связи. И тем не менее каждый раз она воспринимается по-новому, магически притягивая ваш взгляд к неподвижно стоящей ракете, заставляя «прокручивать» в памяти все, что предшествовало этой минуте на трудном, героическом пути в космос.

— Готовность одна минута!— И напряженной становится тишина на давно опустевшей стартовой площадке. Древняя, как мир, бескрайняя и почти безжизненная казахская степь, лишь на месяц в году покрываемая низкорослой растительностью, подступая прямо к стартовому сооружению, упирается в длинный бетонированный «лоток» — газоходный канал. С воем и грохотом устремится по нему невообразимая лавина огня, стараясь вырвать и бросить далеко в степь мощные бетонные плиты, заглушая последнюю для ракеты команду «Подъем!».

Над всем этим (над степью, газоходом, сооружениями стартового комплекса — скопищем бетона и металла) в клубах белесого тумана стоит ракета-исполн, готовая вот-вот рвануться в небо. Уже давно она наведена по азимуту, нацелена в зенит. Отстыкованы гидравлические коммуникации, по которым в топливные баки ракеты было подано необходимое количество горючего и окислителя. Лишь небольшой трубопровод через вспомогательную заправочную мачту соединяет сейчас подземное хранилище кислорода со ступенями ракеты: идет подпитка кислородных баков. Отведена башня обслуживания, по которой космонавты поднялись на вершину ракеты. Проверены бортовые системы корабля, и он готов к самостоятельной жизни на орбите. Идет раскрутка гироскопов системы управления носителем. Система электропитания борта готова перейти в автономный режим.

Кругом ни души. Невидимая автоматика через протянувшиеся к ракете по подземным лабиринтам кабели системы управления вершит свою умную и сложную работу. Изредка нарушаемая стартовыми командами торжественная тишина усугубляется отсутствием обычной здесь суеты, подчеркивая величие и грандиозность готовящегося события.

— Готовность одна минута!— Это подводится итог многомесячной работы больших коллективов людей, вложивших свой талант и энергию в подготовку очередного космического рейса. Позади бесчисленные операции по сборке корабля и ракеты-носителя, а затем уже ракетно-космической системы, проверки бортовых приборов и устройств в монтажно-испытательном корпусе космодрома, торжественные проводы на старт. Позади установка ракеты на стартовое устройство, са-

мый придирчивый и всесторонний экзамен на старте и длинная цепочка технологических предстартовых операций. Впереди — старт!

— Готовность одна минута!— И крепче сжимает рукоятки перископа технический руководитель запуска на командном пункте космодрома. Это — ближайшая к ракете точка, где еще могут находиться люди. За пультами и приборами сидят только те, кто непосредственно участвует в запуске, контролируя состояние корабля и ракеты-носителя, исполнение команд технического руководства и автоматики.

От этих людей сейчас зависит успех и неуспех дела. Поэтому они так зорко всматриваются в ленты телеметрии и показания приборов, следя за пульсом ракеты, готовые немедленно вмешаться в технологический процесс в случае каких-либо отклонений от нормы.

— Готовность одна минута!— И плотнее прижимаются к спинкам своих кресел в кабине космического корабля космонавты. Закончились многолетние тренировки в Центре подготовки космонавтов, поездки на заводы, в конструкторские бюро, институты. До «винтиков» отработана программа полета. Компетентная комиссия проверила готовность к нему. Но главный экзаменатор — космос.

Душой и помыслами космонавты давно на орбите, хотя нет-нет да и «возвратятся» на секундочку на Землю — не забыто ли что-нибудь? Нет страха за жизнь свою и товарища: техника надежна. Но какой-то маленький «бобик» может нехотать выскочить в последнюю минуту, и тогда отодвинется столь желанная встреча с космосом, к которому они уже почти прикоснулись рукой. Поэтому и живут сейчас космонавты единым дыханием с ракетой.

— Готовность одна минута!— И замирают у своих пультов десятки операторов в Центре управления полетом, на многочисленных, разбросанных по всей стране наземных измерительных пунктах, на кораблях космического флота в далекой Атлантике. Приемные антенны, нацеленные на запад, вычислительные машины, работающие на полную мощность, специалисты и руководители полетом — все готовы к выходу корабля на орбиту, к приему первых вестей из космоса.

Одна минута... Напряжение этой минуты настолько велико, что далеко не каждый в состоянии уловить «подвох», хотя и обращает внимание на то, что время почему-то тянется необычайно медленно. И лишь очень немногие замечают, что от объявления минутной готовности до отрыва ракеты от стартового устройства проходит по крайней мере пять — семь минут. Что же тогда означает эта команда?

Еще при подготовке самых первых простейших жидкостных ракет стало очевидным, что управление запуском ракеты лучше вести, находясь на безопасном расстоянии от нее, — дистанционно. Причиной тому служили токсичность, агрессив-

ность или взрывоопасность применяемых топливных пар. Вспомогательные устройства для управления подачей топлива в камеру сгорания, первоначального воспламенения топлива, удержания ракеты на стартовом столе до выхода двигателей на режим полной тяги стали прародителями большого комплекса дистанционных средств, обеспечивающих запуск современных ракет.

С созданием мощных баллистических, а затем и космических ракет возросла номенклатура бортового оборудования носителей, а вместе с нею и сложность подготовки ракеты к запуску (прогресс — не всегда упрощение!). Теперь таких операций тысячи. И чем ближе момент запуска ракеты, тем интенсивнее работа с ней. Не просто уследить за логикой работы устройств носителя, а тем более управлять этим многосложным организмом с соблюдением строго определенной последовательности и с исключительно жесткими временными привязками. И, что не менее важно, венец этой работы — отрыв стартующей ракеты от Земли — должен произойти в заранее заданный момент времени с возможным отклонением всего лишь в сотые доли секунды. Ясно, что с такой работой может справиться только автоматика. Человеку же остается лишь следить за ней и, как говорят специалисты, «сбросить схему» в случае крайней необходимости.

Так вот, команда «Готовность одна минута!» — это предупреждение («Внимание!») о том, что через минуту по команде «Ключ на старт!» управление системами ракеты будет всецело передано автоматике, и процесс подготовки ракеты к пуску перейдет в новую, завершающую фазу.

Надо сказать, что последовательность команд, да и сам набор этих команд не есть что-то неизблемое (они зависят от устройства ракеты-носителя, схемы запуска, применяемых топливных компонентов и многого другого). Поэтому остановимся на наиболее характерных из них. Итак...

— Ключ на старт! — Поворотом специального ключа (его аналоги обычно вручаются космонавтам после полета) включается автоматика запуска. Это последняя команда, которая исходит от человека. Все последующие команды будут поданы автоматикой, а то, что доносят до нас динамики голосом информатора, — простая констатация факта прохождения команды.

По команде «Ключ на старт!» включаются электронные часы. Так называемая система единого времени (СЕВ), синхронизируя работу часов на космодроме, на наземных измерительных пунктах, на кораблях слежения, в Центре управления полетом, а также на борту космического корабля, обеспечивает управление выводением и затем полетом космического корабля в едином времени.

Кстати, отсчет времени на космодроме не совсем обычный. За ноль отсчета принят момент отрыва ракеты от стартового

устройства. Предшествующее этому моменту время — отрицательно. Соответственно и отсчет готовности ракеты к пуску сначала идет на недели, потом на сутки, часы, минуты и лишь последние десять секунд будут отсчитаны каждая в отдельности: десять, девять, восемь, семь... Потом, по истечении десятков теперь уже «положительных» секунд, мы услышим: «Тридцать секунд. Давление в камерах сгорания устойчивое» или «Время семьдесят. Полет нормальный». Но это уже полет. А пока...

— Протяжка один! — На некоторое время включаются механизмы протяжки магнитных лент системы телеметрии. Идет запись телеметрической информации об исходном состоянии систем ракеты-носителя перед запуском. Регистрируются такие параметры, как давление в баках горючего и окислителя каждой ступени, температура и количество (уровень) компонентов по бакам, давление в газовых резервуарах носителя, характеристики источников питания и преобразователей, положение запорно-распределительной арматуры и т. п. Происходит своеобразное документирование обстановки на борту. Однако наиболее важные параметры носителя обрабатываются сразу же в реальном масштабе времени (как говорят, «в темпе регистрации»). В случае появления каких-то отклонений на борту ракеты этого минимального объема информации, естественно, может и не хватить. Для установления первопричин неполадок нужна полная картина, которая может быть получена после отмены старта, обработки и анализа всей телеметрии. Но минимальной информации вполне достаточно, чтобы убедиться в нормальном протекании процесса подготовки ракеты к пуску.

Таким образом, непосредственного отношения к запуску ракетно-космической системы команда «Протяжка один!» не имеет.

— Продувка! — Все топливные магистрали ракеты-носителя и двигательного тракта продуваются инертным газом (азотом, гелием). До этого они были заполнены воздухом, т. е. средой активной. Замена воздуха инертным газом исключает возможность детонации компонентов топлива, создает расчетный микроклимат в камерах сгорания перед запуском двигателей.

— Ключ на дренаж! — Это первая команда, исполнение которой можно не только проверить по телеметрии, но и увидеть непосредственно на ракете. Дело в том, что температура жидкого кислорода в баках ракеты очень низкая — почти двести градусов мороза. При стоянке заправленной ракеты вследствие теплообмена ее баков с воздухом атмосферы кислород нагревается, что приводит к его испарению и соответствующему повышению давления в баках ракеты. По достижении определенного предела автоматически открываются дренажно-предохранительные клапаны и избыток давления (па-

ров) сбрасывается в атмосферу. Восстановление необходимого количества жидкого кислорода на борту ракеты осуществляется автоматически по линии подпитки через заправочную мачту, которая отойдет от ракеты за несколько секунд до старта.

Выпущенные в атмосферу (сдренажированные) пары кислорода вместе с конденсируемой в них влагой атмосферы образуют своеобразную туманную завесу вокруг ракеты, хорошо наблюдаемую на экране телевизора. Ракета как бы дышит.

По команде «Ключ на дренаж!» дренажные клапаны кислородных баков закрываются и сразу же рассеивается окутавшая ракету облачка тумана.

— Наддув! — Независимо от величины давления в баках ракеты на данный момент по этой команде осуществляется принудительный наддув топливных баков газом (воздухом, азотом, гелием) до расчетной величины. Назначение этой процедуры — двоякое. С одной стороны, нужно обеспечить подпор на входе в центробежные насосы системы подачи компонентов топлива в двигательную установку. Этим гарантируется бескавитационная (бессрывная) работа насосов. С другой, необходимо предотвратить образование вакуума в баках ракеты (вследствие их опорожнения по мере сгорания топлива), способного разрушить баки, которые, как и всякая оболочка, плохо работают на внутреннее разрежение.

— Пуск! — Для современных космических ракет эта команда не связана с кнопкой «Пуск» и немедленным сходом ракеты со стартового стола. По этой команде всего лишь включается в работу турбонасосный агрегат двигательной установки. Вспомогательные (или основные) компоненты топлива, сгорая или просто разлагаясь в парогазогенераторе, образуют большое количество парогазовой смеси, которая направляется на лопатки высокооборотной турбины, сидящей на одном валу с насосами подачи компонентов топлива. Турбонасосный агрегат выходит на режим. Однако в камеру сгорания топливо еще не поступает. Под большим давлением горючее и окислитель «дежурят» у разрывных мембран главных клапанов пуска.

На прохождение команды «Пуск» космонавты обычно обращают внимание благодаря легкому подрагиванию тела ракеты.

До старта еще около минуты.

— Протяжка два! — Снова включаются лентопротяжные механизмы систем телеметрии. Работают радиоизмерительные средства. Включается вся нацеленная на ракету фото-и кинотехника, которая будет выключена лишь после ухода ракеты со старта.

— Земля — борт! — Как при замедленной съемке от борта ракеты отходят заправочная и кабельная мачты. Подпитка кислородных баков прекращена, система электропитания ракеты полностью перешла на бортовые источники. Ничто не связы-

вает больше ракету с Землей, кроме сил гравитации. Путь на орбиту свободен.

— **Зажигание!**— В камеры сгорания двигательной установки первой ступени ракеты-носителя подается так называемое пусковое горючее. Будучи воспламененным, скажем, электрозапальником, пусковое горючее будет в свою очередь воспламенителем первых доз основного топлива, поступающего в камеры сгорания. Под ракетой появляется робкое пламя, и через несколько секунд начнется могучий «водопад» огня.

Подачей управляющего воздуха вскрываются разрывные мембраны главных клапанов горючего и окислителя, открывая доступ основным компонентам топлива в камеры сгорания.

При использовании на ракете-носителе самовоспламеняющейся пары компонентов (например, несимметричный диметилгидразин — азотная кислота) пуск двигателя существенно упрощается. Отпадает необходимость в пусковом горючем, запальниках и пр.

— **Предварительная!**— Двигатели ракеты выходят на режим предварительной ступени. Такое ступенчатое выведение их на главный режим диктуется технологией пуска больших ракетных двигателей. Это почти то же, что и предварительный режим авиационного двигателя перед рулежкой самолета на взлетную полосу или прогрев автомобильного двигателя перед выездом из гаража.

Регулирование тяги осуществляется подачей компонентов топлива в двигательную установку.

— **Промежуточная!**— Миллионы лошадиных сил «подпирают» теперь ракету снизу. Однако тяги и этой, промежуточной, ступени еще недостаточно для отрыва ракеты от стартового стола.

И почти сразу же:

— **Главная!!**— Земное тяготение уже не в силах противостоять нарастающей мощи реактивной струи. С началом движения ракеты срабатывает контакт подъема. И уже не командой, а торжественным гимном человеческому дерзанию сквозь громоподобный рев ракеты звучит последнее:

— **Подъем!!!**— Освобождаются и расходятся в стороны поддерживающие фермы пусковой установки. С каждым мгновением наращивая скорость, ракета устремляется в зенит, а затем плавно ложится на курс, постепенно удаляясь от Земли. Отделяется первая ступень и включается в работу вторая. И под мерно стихающий рокот ракета превращается в едва различимую на небосводе светящуюся точку. Лишь остатки дыма и пыли над опустевшей стартовой площадкой напоминают о бушевавших здесь молниях и громах, сопровождавших старт «небесной колесницы».

В огненном смерче срывались со стартовых площадок могучие ракеты, унося первые искусственные спутники Земли, лунные и межпланетные автоматические станции. Вслед за ними на небывалые высоты устремились верные помощники человека — животные. И только после них на космических орбитах появились люди. Так было положено начало новой на Земле профессии — космонавт. Первым представителем ее стал советский человек, коммунист Юрий Алексеевич Гагарин.

Уже двадцать лет осуществляет человечество пилотируемые полеты в космос. И все-таки профессия космонавта не перестает быть уникальной. Что же отличает ее от других, земных профессий, которых на сегодняшний день насчитывается многие тысячи? Какими качествами должен обладать человек, посвятивший себя освоению «шестого океана»?

Начнем с того, что полет в космическое пространство сопряжен с воздействием на организм человека необычных факторов. При выведении на орбиту — это перегрузки, вибрации, шумы. При полете по орбите — это длительная невесомость, быстрое чередование дня и ночи, отсутствие привычных ощущений. При посадке корабля — еще большие перегрузки, чем при старте. И на всех этапах полета — ограниченный объем корабля, скоротечность событий, готовность к мгновенному принятию решений. Поэтому космонавту необходимо идеальное здоровье, огромная физическая выносливость, высокая реакция, устойчивость к внешним раздражениям. Вот почему кандидаты в космонавты проходят жесткий медицинский отбор и в течение всей своей последующей жизни никогда не расстаются со спортом.

Но даже всестороннее физическое развитие может оказаться недостаточным для каких-то экстремальных условий космического полета. И в программу подготовки космонавтов введены специальные упражнения — вращение на центрифуге, парашютные прыжки различной сложности, испытания в термокамере и камере-одиночке (сурдокамере). Космонавтов крутят на десятках снарядов, опускают в гидробассейн, на самолетной горке подвергают воздействию невесомости, выбрасывают в море, труднопроходимые леса, знойную пустыню. У космонавтов вырабатываются быстрота реакции, умение преодолевать страх, навыки в борьбе за выживание, физическая и психологическая устойчивость к необычным, подчас трудно переносимым факторам космического полета.

Таким образом, состояние здоровья, психологическая стабильность и физическое развитие играют не последнюю роль в профессии космонавта.

Но космонавт не пассажир на корабле. Он в первую очередь пилот и в силу этого должен контролировать работу систем корабля, управлять его полетом. Отсюда вторая сторона

профессиональной подготовки — теоретическая, которая включает доскональное изучение систем корабля, приобретение навыков по управлению им во всех мыслимых и немыслимых ситуациях. Физику и астрономию, навигацию и связь, автоматику, управление, небесную механику, даже медицину и еще десяток других наук должен освоить космонавт, прежде чем сесть в кабину-тренажер космического корабля. И уже потом бесконечные, до седьмого пота тренировки, в которых до автоматизма отрабатываются все операции предстоящего полета. Тренировки стендовые и комплексные, учебные и зачетные, при штатном протекании полета и в нестандартных ситуациях, на какие только способна фантазия методистов Звездного.

Далее. Хорошо известно, что полеты в космос — не самоцель. Каждый из них — серьезная научная экспедиция. Поэтому после выхода на орбиту круг обязанностей космонавта значительно расширяется. Наряду с управлением кораблем, обслуживанием его систем, ведением связи и т. п. космонавт должен проводить научные, технические и медицинские эксперименты, наблюдать Землю и атмосферу, Солнце и звезды, плавить металл и выращивать растения. И чем шире круг задач, решаемых на борту космического корабля или орбитальной станции, тем больше должен знать космонавт и тем глубже должны быть его познания во всех областях наук, интересы которых он представляет на орбите. И потому вполне естественно, что тренажеры Звездного в предполетный период чередуются для космонавтов с лабораториями и конструкторскими бюро, отраслевыми и научными институтами, встречами с учеными и постановщиками экспериментов.

Не самое простое из того, что должен уметь космонавт, — это ждать. Долгие годы готовиться к старту в ожидании желанной встречи с космосом. Быть способным в любую минуту заменить своего товарища, проводить его по бетонным плитам космодрома к ракете и снова ждать своего часа. Но когда придет этот час, выложиться полностью, на что только способен, выполнить программу полета, оправдать оказанное доверие. И не думать об опасностях, которые могут подстергать на любом этапе рейса в малоизведанном и враждебном для всего живого мире.

Но вот полет завершен. Казалось бы, все позади. Но на космонавта обрушивается еще одно испытание, к которому он менее всего подготовлен. Это испытание славой. Всего за несколько минут из рядового, мало кому известного труженика он превращается в мировую знаменитость. И этот быстрый переход в новое качество космонавт должен также выдержать с честью. Именно здесь проверяются его моральная закалка и интеллектуальное развитие, умение соизмерить свой труд с трудом тех миллионов, которыми был подготовлен космический полет.

Профессия космонавта — техническая, однако после поле-

та приходится часто выступать перед рабочими и колхозниками, участвовать во встречах с молодежью, учеными, литераторами и артистами, совершать поездки по стране и за рубеж, вести общественную и политическую работу. Космонавт обязан хорошо разбираться не только в чисто технических вопросах, но и быть широко образованным человеком в области науки, литературы, искусства.

«...Дорога в космос не усыпана розами. И те, кто пошел по этой дороге,— не фанатики, не роботы, не винтики и колесики космического механизма, это упорные, смелые люди»,— так считал Юрий Гагарин.

Не каждый может стать космонавтом, потому что это трудно. Крепкое здоровье, тренированность, сила тела и твердость духа, постоянное преодоление самого себя, мужество, настойчивость в приобретении знаний, высокий профессионализм нужны каждому космонавту. И не случайно из многих претендентов на «путевку» в Звездный в отряд попадают лишь единицы. Это — самые достойные.

НА КОСМИЧЕСКИХ ОРБИТАХ

МИР БЕЗ ТЯЖЕСТИ

Вы уронили инструмент, и он, никуда не падая, висит рядом с вами. Из перевернутого вверх дном сосуда не выливается вода; ее надо вытряхивать оттуда, затем она сожмется в шар правильной формы и также повиснет в воздухе. Слегка оттолкнувшись от одной стены, вы без особых усилий в парении достигаете противоположной стены, на каком бы удалении она ни находилась. Нагретый воздух не перемешивается с холодным, так и оставаясь там, где его нагрели. Кристаллики соли растворяются в десять раз медленнее, чем обычно. Спичка, вспыхнув, быстро гаснет. Все это — казусы невесомости.

Говорят: космос — мир невесомости. Это не совсем так. Космос, космическое пространство — это, наоборот, мир «весомости». Ибо самостоятельное существование небесных тел, их упорядоченное движение в пространстве обусловлено как раз их взаимным притяжением, а это не что иное, как вес.

Почему же тогда полеты в космическом пространстве неизменно связывают с невесомостью?

Дело в том, что при движении по кривой траектории тело всегда испытывает центробежное ускорение. Например, при повороте поезда центробежные силы отбрасывают пассажира в противоположную повороту сторону. Так же и в космосе. Своеобразными рельсами, заставляющими спутник искривлять свою траекторию, то есть обращаться вокруг Земли, является притяжение спутника Землей — его вес. Возникающие при таком обращении центробежные силы стараются удержать спутник на орбите. И вот как раз равновесие этих двух противоборствующих сил есть невесомость. Таким образом,



Вот она, невесомость!

невесомость — это атрибут космического полета, но никак не космического пространства.

Может возникнуть вопрос. Поскольку наша Земля тоже находится в состоянии невесомости (с одной стороны, она притягивается к Солнцу, с другой — удерживается центробежными силами при движении по гелиоцентрической орбите), то почему же мы, земляне, не можем парить над ней, словно аквариумные рыбки? Разница между Землей и космическим кораблем заключается в том, что обитель наша имеет огромную массу, а следовательно, обладает гравитацией — способностью притягивать к себе другие тела. Космический же корабль очень незначителен по массе. Он, безусловно, обладает собственным гравитационным полем, но его эффективный радиус действия замыкается где-то внутри корабля в точке центра масс, и оно настолько мизерно, что говорить о нем всерьез не приходится. Вот когда будут созданы орбитальные поселения весом во многие миллиарды тонн, тогда, конечно, и на орбите появятся «свои» источники притяжения.

Имеет ли повседневная практика аналог невесомости? Да, имеет. Первые секунды затяжного прыжка с парашютом,

самолетная горка и т. п., то есть любое свободное падение тела, сопровождается этим явлением. Да и сам полет спутника можно рассматривать как бесконечное падение на Землю. Ведь если бы Земля была плоской, то спутник неминуемо упал бы на нее. Но так как Земля круглая, то это непрерывное падение спутника приводит лишь к вращению его вокруг Земли.

Невесомость... Мир без верха и низа. Доставленные в космос мальки рыб плавают не по прямой, а по все более уменьшающемуся кругу — спирали. И только через несколько суток прекращают свой необычный танец. По возвращении на Землю они ведут себя не менее странно: плавают так, как если бы к их хвостам привязали по гирьке. Однако мальки, родившиеся в космосе, сразу плавают по прямой, как будто ничего и не было, а попав в земные условия, чувствуют себя нормально.

Доставленные в космос на американской станции «Скай-лэб» пауки Анита и Арабелла, казалось, утратили тысячелетние навыки плести паутину. Они плели ее беспорядочно, видимо, сами немало удивлялись своей беспомощности. А через несколько дней уже выводили такие орнаменты, какие мы иногда находим в потаенных уголках нашей квартиры на Земле.

Ориентацию в космосе теряют не только живые организмы, но и растения. При отсутствии сил тяжести проростки семян дают беспорядочные всходы, корни путаются, выходят из питательной среды наружу, растения гибнут. И только ориентированная посадка (а не посев) и фиксированное освещение как-то спасают положение.

Влияет ли невесомость на человека? Надо сказать, что именно она больше всего страшила ученых при подготовке первых полетов в космос. Как поведет себя человек на орбите? Не окажется ли невесомость губительной для его организма, не потеряет ли он власть над собой? Правда, перед этим в космосе побывали мыши, крысы, собаки, обезьяны. Но ведь это животные! На всякий случай в систему управления кораблем ввели специальное устройство, так называемый логический ключ, который не допускал космонавта к управлению полетом, если он окажется не в состоянии логически мыслить.

Первый одновитковый полет Ю. А. Гагарина показал, что специально тренированный человек, человек с устойчивой психикой не только не теряет присутствия духа, но и остается работоспособным. Следующий полет (Г. С. Титова) продолжался уже более суток. Достигнутая на сегодняшний день продолжительность пребывания в состоянии невесомости составляет 211 суток (советские космонавты А. Березовой и В. Лебедев).

По-разному переносят люди невесомость. Для одних — это чувство необычайной легкости, беспричинной радости, для других (что, естественно, хуже) — непрерывного падения. Но практически одинаковы для всех последствия пребывания

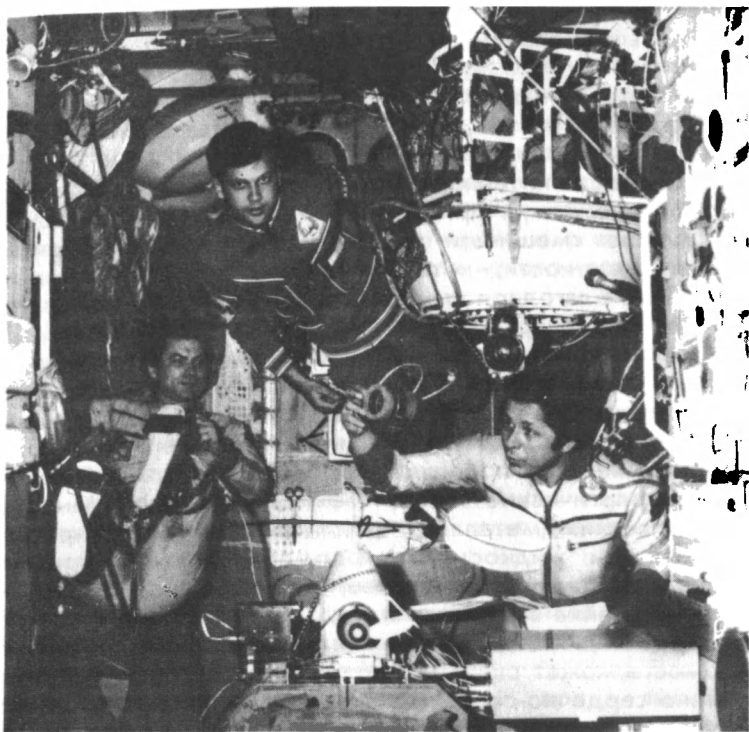
в невесомости. Сердце работает в облегченном режиме, перекачивая «невесомую» кровь. Становится беспомощным вестибулярный аппарат — этот сигнализатор нашего положения в пространстве на Земле. Не испытывая земного притяжения, кровь приливает к голове, создавая ощущение перевернутого состояния. Для удержания тела, так же как и для поднятия или перемещения тяжестей, не требуется никаких усилий. Кости человека не испытывают постоянной нагрузки — веса тела. Ноги не «работают». Организм начинает перестраиваться на новый лад: Рассасываются и расслабляются мышцы, уменьшаются размеры и прочность костей, обезвоживается ткань. Космонавт привыкает к невесомости. И чем глубже он «войдет» в невесомость, тем хуже — как бы долго ни продолжался полет, предстоит возвращение на Землю, в мир тяжести.

Так называемый период реадaptации (обратного привыкания к Земле) может проходить очень болезненно. Земная тяжесть наваливается на ослабленный организм с огромной силой, космонавту хочется обратно на орбиту.

Как далеко может зайти процесс перестройки организма в невесомости? Этот вопрос является вопросом номер один для современной космической медицины. Поэтому так осторожны медики в своих выводах. Поэтому так скрупулезно и всесторонне обследуют врачи членов экипажей на всех этапах полета, а каждый космический корабль или орбитальная станция оснащаются различными средствами, помогающими космонавту сохранить «земную» форму.

Люди научились бороться с невесомостью. Продуманы не только средства защиты (всякого рода нагрузочные костюмы, вакуумные ёмкости, эспандеры, бегущая дорожка, велоэргометр), но и детали быта, факторы, влияющие на психику человека. Чтобы в кабине корабля не появились опасные для дыхания крошки пищи, космический хлеб изготавливается маленькими дольками, а вся пища и жидкие напитки упаковываются в туоры. Чтобы не тратить время на частые поиски пропавших вещей, предусматриваются многочисленные крепления — магниты, резинки, защелки. Разработан с учетом невесомости комплект космического инструмента. Существует в космосе даже душевая установка. Чтобы создать привычное для человека ощущение верха — низа, условные стены и потолок на станции окрашиваются в более светлые тона, нежели «пол». Выработаны рекомендации по поведению космонавта в начальный (более острый) период привыкания к невесомости, а также в первые дни привыкания к Земле.

А может быть, лучше избавиться от невесомости вращением космического аппарата вокруг одной из его осей — как это предлагал еще К. Э. Циолковский? Такие проекты существуют. Но они связаны с целым рядом пока непреодолимых трудностей технического и медицинского характера. Несомненно, что в будущем проблема борьбы с влиянием этого коварного для



На борту орбитальной станции

человека явления будет успешно решена и мы сможем летать годами и побываем по крайней мере на ближайших к Земле планетах Солнечной системы.

Невесомость вездесуща и ее проявления многообразны. Возьмем, к примеру, ту же космическую технику. Иногда говорят, что-де «железкам» безразлично, находятся ли они в поле сил тяжести или нет. Это утверждение требует оговорок. Если речь идет о каком-то силовом поясе в конструкции корабля, то да. Если же рассматривать работу систем летательного аппарата, то отнюдь не всегда. Нет тяжести — отсутствует конвективный теплообмен на борту аппарата, и любой теплоизлучающий прибор (радиопередатчик, научная аппаратура) начинает «задыхаться» от жары, хотя рядом с ним температура вполне комфортная. Отсутствие конвекции вносит существенные поправки в организацию теплового режима аппаратов, предназначенных для полета в космическом пространстве.

Нет тяжести — и пропадает граница раздела жидкой и газовой фаз в топливных баках корабля. Жидкость перестает быть монолитной, становится каким-то пространственным скоплением, содержащим в своем объеме газовые пузыри

различных размеров. И нетрудно догадаться, что произойдет, если газовые включения попадут в двигательную установку корабля.

Это всего лишь два примера доказательства того, что конструкторская мысль вынуждена учитывать отсутствие сил тяготения.

Невесомость интересна также тем, что она позволяет организовать вне Земли принципиально новые виды производств. Здесь можно смешивать вещества с разными свойствами и различной плотности, которые в земных условиях смешать невозможно. Благодаря этому в космосе можно получать новые материалы и лекарственные препараты, требующие для их изготовления очень тонкой технологии. Смешав, например, расплавленный металл с воздухом, получим пористый, очень легкий металл наподобие пенопласта, который почти не будет отличаться по прочности от обычного металла.

Особое место в программе орбитальных станций занимают такие технологические эксперименты, как изготовление сфер из легкоплавких металлов, использование капиллярных сил для перекачки жидкостей и формообразования кристаллов, выращивание редких кристаллов, плавка стекол с заданными свойствами, пайка в космосе и др.

Современная медицина не исключает того, что космическая невесомость может оказаться полезной при лечении некоторых (особенно сердечно-сосудистых) заболеваний. Кроме того, ученые установили факт влияния магнитного поля Земли на многие физиологические функции человека. При изменении напряженности магнитного поля изменяются температура тела, частота сердцебиения, состав крови, психологические реакции. Изучение всех этих проблем представляет несомненный интерес для медицины и биологии. Может быть, со временем мы будем лечиться на орбите, там, где есть невесомость и переменное магнитное поле?

Невесомость — главный фактор космического полета и вполне естественно, что значительная доля исследований на борту любого космического аппарата так или иначе связана с ней. Вот некоторые эксперименты, проведенные на советских орбитальных станциях «Салют».

Один из любопытных экспериментов проводился на рыбках Гуппи на «Салюте-5». Его цель — изучение приспособляемости живого организма к невесомости. Было установлено, что у рыбок в космосе помимо чисто вестибулярных расстройств отказывается работать и система погружения и фиксации тела на глубине (так называемый гидростатический аппарат, а проще — плавательный пузырь). Гуппи ничего не оставалось делать, как принять большой воздушный пузырь в аквариуме за естественную поверхность и плавать вокруг него спиной к разделу воздушной и водной сред. Отсюда напрашивается вывод о том, что зрительный анализатор може^т

восполнить недостаток информации от вестибулярного и гидростатического аппаратов.

Семена различных растений (в частности, креписа) рассказывают биологам о нарушениях в клеточном делении вследствие их поражения частицами высоких энергий. Пророщенные в космосе и зафиксированные в специальном растворе семена доставляются для лабораторных исследований на Землю. Результаты опытов дают возможность судить не только о характеристиках космических частиц, но и о влиянии факторов космического полета (в том числе невесомости) на наследственные признаки.

Завсегдатаями космических полетов стали плодовые мушки-дрозофилы. Они хороши тем, что достаточно подробно изучены в земных условиях и поэтому малейшие изменения в их развитии на орбите (цвет глаз, форма тела и крыльев) быстро обнаруживаются. Короткий период развития мушки (около одиннадцати суток) позволяет в течение одного полета получить несколько поколений мушек и таким образом проследить передачу начавшихся изменений в их развитии от одного поколения к другому.

Объектом исследований являются обычно и сами космонавты. С помощью новейших средств, имеющихся в поликлинике на орбите, можно снимать двенадцатиканальную электрокардиограмму человека. В полете исследуются кровенаполнение сосудов в невесомости и ударный объем сердца, выполняется автоматический анализ крови, контролируются органы дыхания и энергозатраты космонавта, фиксируются изменения пороговой чувствительности вестибулярного аппарата. Во всех космических полетах теперь измеряется вес космонавтов (это в невесомости!). Для этого разработана специальная пружинная колебательная система. Космонавты берут у себя пробы крови для последующего анализа на Земле, проводят различные тестовые проверки, оценивают эффективность профилактических средств.

Таким образом, эксперименты в невесомости имеют своей целью не только создание безопасных и комфортных условий длительной работы людей на орбите, но и максимальное использование этого уникального явления в самых различных сферах человеческой деятельности.

ВТОРОЙ СТАРТ

2 января 1959 года с советского космодрома Байконур стартовала в сторону Луны первая в мире автоматическая межпланетная станция (АМС), ставшая первой искусственной планетой. Оторвавшись от стартового устройства, мощная ракета-носитель взяла курс к Луне и, не выключая двигателей, разогнала «Луну-1» до скорости, превышающей вторую космическую. Так была опробована возможность прямого старта к

Луне с непрерывным разгоном аппарата до требуемой скорости полета. Последовавшие затем рейсы станций «Луна-2» и «Луна-3» подтвердили выполнимость поставленной задачи с использованием схемы прямого старта.

12 февраля 1961 года в первый межпланетный перелет отправилась советская АМС «Венера-1». Схема выведения этой станции на заданную трассу была иной. Когда скорость ракеты-носителя достигла первой космической, от нее отделился тяжелый искусственный спутник Земли. В его составе были последняя, разгонная, ступень ракеты-носителя и собственно межпланетная станция. В определенной, заранее рассчитанной точке околоземной орбиты включились двигатели разгонной ступени. Когда скорость полета превысила вторую космическую, двигатель ступени выключился и от нее отделилась «Венера-1». Таким образом был впервые осуществлен запуск аппарата на межпланетную трассу с орбиты искусственного спутника Земли.

Итак, два активных участка траектории, два старта — сначала на околоземную орбиту (первый старт), затем с околоземной опорной орбиты (второй). Нет никакого сомнения в том, что такая схема выведения аппаратов на межпланетные трассы технически сложнее, нежели прямой разгон ракеты сразу до второй космической скорости. Почему же именно она используется теперь при запусках всех космических аппаратов, направляемых к Луне, Венере, Марсу?

Причин здесь несколько. Важнейшая из них — энергетические преимущества схемы с двукратным включением двигателя. Дело в том, что она позволяет выводить на межпланетные траектории значительно большую полезную нагрузку, чем при прямом старте, при той же общей мощности ракеты-носителя.

Рассмотрим простой пример. Брошенное вертикально вверх тело, как известно из школьной физики, участвует в двух движениях одновременно — подъеме со скоростью бросания (при отсутствии земного тяготения тело двигалось бы с этой скоростью бесконечно долго) и падении вследствие притяжения Земли со скоростью свободно падающего тела. Таким образом, при скорости бросания, равной, например, 30 метрам в секунду, за первую секунду тело поднимется на высоту 30 метров и одновременно упадет на 5 метров (вспомните «жэ тэ квадрат пополам»), то есть в конце первой секунды оно достигнет высоты 25 метров. За две секунды тело поднимется на высоту 60 метров и одновременно упадет на 20 метров, достигнув в конце этой секунды высоты 40 метров над Землей. В конце третьей секунды скорость подъема будет равна скорости падения. Поднявшись на высоту 45 метров, тело начнет падать на Землю: скорость падения превысила скорость подъема.

Бросим теперь то же тело, но со скоростью не 30 метров в секунду, а 12 километров в секунду. Если принять ускорение

земного тяготения постоянным (на самом деле оно уменьшается с высотой), то нетрудно подсчитать, что скорость тела в конце пятой минуты полета будет составлять уже девять, в конце десятой минуты — лишь шесть километров в секунду, постепенно уменьшаясь. При достижении границы сферы эффективного гравитационного действия Земли (около 930 тысяч километров) скорость нашего тела будет измеряться немногими сотнями метров в секунду. Тело навсегда покидает Землю, становясь искусственной планетой.

Но вернемся к ракете. Стартующая вертикально вверх ракета, как и рассмотренное нами тело, также участвует в двух движениях: в подъеме за счет работы ракетных двигателей и в падении со скоростью, пропорциональной времени полета. Только скорость подъема теперь не постоянна. Она возрастает в течение всего времени разгона ракеты, поскольку определяется скоростью истечения газов из сопел двигателя и соотношением начальной и текущей масс ракеты (формула К. Э. Циолковского). Текущая же масса ракеты по мере выгорания топлива уменьшается. И все равно для оценки истинного значения скорости ракеты в конце участка разгона нужно из скорости подъема (в конце этого участка) вычесть скорость падения ракеты, накопленную ею за время работы двигателей.

Отсюда следует очень важный вывод: при тех же начальных соотношениях масс топлива и конструкции конечная скорость ракеты будет тем больше, чем меньше время сжигания топлива в двигателе. Идеальным случаем было бы мгновенное сжигание всего бортового запаса топлива. Величина потерь топлива на преодоление земного притяжения — гравитационные потери — в этом случае равнялась бы нулю и ракета получила бы такую скорость, как если бы она разгонялась в невесомости. Однако мгновенное сжигание топлива неосуществимо: ведь это означает, что ракета должна мгновенно набрать скорость от нуля до 12 километров в секунду! Никакие материалы не выдержат подобных перегрузок, да и создание двигателя такой ракеты весьма проблематично.

Можно пойти другим путем: запускать ракету под некоторым углом к горизонту, очень небольшим, но достаточным для того, чтобы скорость падения ракеты вследствие притяжения Земли компенсировалась вертикальной составляющей скорости подъема. Гравитационные потери в этом случае будут определяться уже не полной величиной ускорения земного тяготения, а лишь незначительной ее частью, пропорциональной углу наклона ракеты к горизонту.

Наличие земной атмосферы, создающей огромное сопротивление летящей ракете, исключает возможность подобного запуска. Поэтому оптимальная, с точки зрения энергетики, траектория запуска является чем-то средним между вертикальной и наклонной траекториями: ракета стартует вертикально, а затем по мере выхода из плотных слоев атмосферы постепен-

но «ложится» на горизонтальный курс и по достижении первой космической скорости становится спутником Земли.

Итак, ракета находится на околоземной орбите. Она не испытывает сил земного притяжения, так как последние уравновешиваются центробежными силами, действующими на нее при обращении вокруг Земли. Другими словами, ракета находится в невесомости. Поскольку нам надо отправить ракету на Луну, Венеру или Марс, к уже имеющейся скорости 8 километров в секунду следует добавить еще около четырех. Начнем разгонять ракету. Учитывая аналогию с выводом ее на околоземную орбиту, увидим, что далеко не безразлично, в каком направлении осуществлять разгон: или двигатель будет работать против сил тяготения Земли, нарушив равновесие между весом ракеты и центробежной силой, или, не нарушая этого равновесия, будет сообщать ракете ускорение по касательной к траектории полета. В последнем случае работа двигателя против сил тяжести будет близка к нулю. Конечный результат тот же: ракета развила вторую космическую скорость. Однако мы сэкономили топливо на ее разгоне. Сэкономленное и разогнанное до второй космической скорости топливо логично заменить (естественно, заранее на Земле) полезной нагрузкой. Отсюда и получается, что при работе двигателя в направлении касательной к траектории полета при том же расходе топлива мы выводим большую полезную нагрузку.

Но разогнать ракету по энергетически выгодной траектории — еще полдела. Скажем, после выхода ракеты на околоземную орбиту мы сообщили ей вторую космическую скорость, сэкономили на топливе при разгоне вследствие оптимальной траектории движения, но... попали неизвестно куда! А нам надо попасть в конкретную, заранее заданную точку космического пространства — в точку встречи с намеченной планетой. Поэтому вторым главным моментом здесь является выбор точки околоземной орбиты, в которой включение разгонного двигателя обеспечит выход станции к точке встречи.

Такова в двух словах сущность понятий первого и второго стартов. На самом деле вывод космического аппарата на межпланетную трассу осложняется целым рядом других обстоятельств. Однако энергетические и баллистические выгоды такого «пунктирного» запуска перекрывают все издержки на преодоление технических сложностей, привнесенных новой схемой.

ЭНЕРГЕТИКА КОСМИЧЕСКИХ ТРАСС

За прошедшие с начала космической эры четверть века на космические трассы были выведены тысячи всевозможных летательных аппаратов. Однако если сравнить количество аппаратов, запускаемых в ближний космос, с количеством аппаратов, выводимых на межпланетные траектории, то это

сравнение будет далеко не в пользу последних. Сказанное отнюдь не означает, что взвешиваемые дела меньше интересуют ученых. Дело в том, что мощность двигателей существующих ракет-носителей явно недостаточна для того, чтобы человечество могло начать повседневные исследования дальнего космоса.

При подготовке каждого межпланетного рейса в жесточайшей схватке сходятся два противоборствующих начала: желание «отделаться» меньшими энергетическими затратами в борьбе с давящим над всем законом тяготения и одновременно увеличить массу полезной нагрузки, а следовательно, и научную ценность намечаемой экспедиции.

Как все-таки разрешаются эти непримиримые противоречия и (хотя не часто) отправляются аппараты довольно внушительной массы к Луне, Венере, Марсу? Что учитывается при выводе аппарата на межпланетную трассу и что в конечном счете определяет маршрут движения и длительность космического путешествия?

Начнем с самого ближнего. С Земли, а точнее, с географического положения космодрома. То, что Земля вращается вокруг своей оси, известно уже давно. А вот мысль использовать энергию вращения Земли при запуске космических аппаратов пришла позднее.

Вращаясь вместе с Землей, пусковое сооружение космодрома имеет определенную круговую скорость. Таким образом, еще до включения двигателей ракета, установленная на стартовом столе, обладает естественной начальной скоростью, пропорциональной угловой скорости вращения Земли и радиусу вращения точки старта. Но если суточное вращение Земли — величина постоянная, то радиус вращения точки старта определяется географической широтой космодрома. Отсюда вытекает, что приэкваториальное расположение космодрома (мыс Канаверал — США) является энергетически более выгодным. Сообщаемая вращением Земли дополнительная скорость ракеты на экваторе составляет 460 метров в секунду. Это не так мало. При запуске с космодрома умеренных широт (Байконур — СССР) эта добавка существенно уменьшается, а в приполярных районах и вовсе близка к нулю.

Но чтобы максимально использовать эту «даровую» прибавку к скорости, запуск ракеты должен осуществляться строго в направлении вращения Земли, то есть на восток. Только тогда эта прибавка будет суммироваться со скоростью разгона ракеты. Запуск же спутника на приполярную орбиту потребует дополнительных затрат топлива на компенсацию этой добавки. При запуске в западном направлении (в противоположную вращению Земли сторону) проигрыш в скорости удваивается.

Итак, выбрав выгодное для нас направление запуска ракеты, переходим к не менее важному моменту — выбору траекто-

рии вывода аппарата на трассу полета к цели. Известно, что теперь любой межпланетный аппарат стартует к той или иной планете Солнечной системы с так называемой опорной, промежуточной, околоземной орбиты. Выбор оптимальной, с точки зрения энергетики, опорной орбиты представляет сложную баллистическую задачу. Одновременно при этом определяются маневры аппарата и точка включения двигателя разгонной ступени ракеты-носителя для окончательного разгона межпланетной станции.

О сути разделения активного участка траектории на два этапа (так называемые первый и второй старты) уже рассказывалось. Здесь мы укажем только, насколько жесткими являются ограничения на величину конечной скорости аппарата и направление его разгона, когда речь идет о межпланетном перелете. Отклонение в конечной скорости лунной АМС всего на один метр в секунду (это при скорости в 11 километров в секунду!) приведет к промаху на 250 километров. Ошибка в направлении разгона в одну угловую минуту вызовет смещение точки встречи с Луной на 200 километров. А что тогда говорить о дальних перелетах? Уже по одному этому можно судить о том, что запуск аппаратов к планетам Солнечной системы — сложная техническая задача, требующая от создателей космической техники мобилизации их знаний, таланта, выдумки.

Но, наверное, никакие ухищрения не помогли бы ракетеносителю в выполнении поставленной задачи, если бы мы не захотели (или не смогли) использовать энергию нашего главного носителя в межпланетных перелетах — Земли, ее орбитальной скорости.

Вращаясь вокруг Солнца, каждая из планет Солнечной системы имеет свою орбитальную (относительно Солнца) скорость. Для Венеры эта скорость близка к 35, для Марса — к 24 километрам в секунду. Очевидно, такой же, в несколько десятков километров в секунду, скоростью должен обладать и космический аппарат, посылаемый на встречу с любой из этих планет. Где же взять такую скорость? Ведь мы сообщили аппарату лишь вторую космическую скорость, а это всего 12 километров в секунду (да и то большая часть ее будет потеряна в борьбе с силами земного тяготения). Оказывается, все очень просто. Проведя аналогию с вращением Земли вокруг своей оси, мы увидим, что пусковое сооружение космодрома вместе с Землей несется относительно Солнца со скоростью 30 километров в секунду. Вот необходимая нам скорость. Остается только правильно воспользоваться ею.

Ранее уже говорилось, что при выходе из сферы действия Земли аппарат имеет скорость относительно Земли несколько сотен метров в секунду. Очень важно, чтобы оставшаяся скорость суммировалась с орбитальной скоростью Земли, если мы направляемся к Марсу, или, наоборот, вычиталась из нее

при полете к Венере, то есть наибольший выигрыш в скорости получится лишь тогда, когда при выходе из сферы тяготения Земли аппарат будет двигаться по касательной к траектории движения Земли. Выбор этого направления обусловлен еще и тем, что аппарату не надо преодолевать силы притяжения Солнца, на что потребовалась бы дополнительная энергия.

Освободившись от пут земного тяготения, космический аппарат становится маленькой самостоятельной планетой с собственной орбитальной скоростью, параметрами орбиты, периодом обращения вокруг Солнца. И путь ее в космической бездне будет всецело определяться скоростью и направлением отлета от Земли, а также тем, в какой точке земной орбиты (то есть в какое время года) осуществлялся ее запуск.

Но для того чтобы траектория межпланетного аппарата обеспечила столь желанную встречу с Венерой (Марсом), прежде чем запускать аппарат, необходимо учесть взаимное расположение планет. Именно расположение планет в первую очередь определяет дату старта. Нужно, чтобы и аппарат и планета одновременно пришли в одну и ту же заранее намеченную точку космического пространства. Только тогда состоится их встреча. Но этого мало. Следует заранее рассчитывать, на каких углах встретятся аппарат и планета, какая будет относительная скорость и какой, следовательно, необходим тормозной импульс, чтобы аппарат стал спутником планеты или мягко опустился на ее поверхность. Таким образом, участок сближения межпланетной станции с планетой-целью становится одним из важнейших участков любого межпланетного перелета.

Нетрудно заметить, что и здесь совпадение траекторий аппарата и планеты является крайне желательным, то есть орбита аппарата должна касаться в какой-либо точке орбиты планеты, а не пересекать ее. Кроме того, сама скорость встречи космического посланца с планетой должна быть минимальной. А это возможно только тогда, когда и аппарат и планета находятся в апогее своих орбит, где их скорости наименьшие. Если учесть, что наиболее выгодной для запуска, скажем, к Марсу точкой земной орбиты является ее перигей, где Земля движется с наибольшей скоростью, то получается, что самой выгодной траекторией межпланетного перелета является переходная орбита, одновременно касающаяся орбит Земли и планеты-цели в двух диаметрально противоположных точках траектории.

Такое расположение планет (а именно оно, как мы выяснили, определяет периодичность запусков) случается, увы, не каждый день. Например, для Земли и Венеры — это 584 суток (19,5 месяца), для Земли и Марса — 780 суток (26 месяцев). Потому-то так редки полеты АМС к Венере и Марсу.

При организации межпланетной экспедиции необходимо знать еще и то, насколько суток «вправо» или «влево» мы

можем отклониться от наиболее выгодного момента в расположении планет, то есть какова длительность так называемых «окон старта». Ведь аппарат может опоздать с приходом в намеченную точку встречи или, наоборот, прийти туда раньше планеты. «Коснувшись» орбиты планеты и не будучи захвачен ее гравитационным полем, он продолжит самостоятельный полет. Встреча не состоится. Чтобы этого не случилось, запуск должен состояться обязательно внутри «стартового окна». Для Венеры оно составляет 40 земных суток, для Марса — 20 суток. (Уместно напомнить, что между запусками станций «Марс-2,3» в 1971 году и «Марс-4,5,6,7» в 1973 году прошло ровно 26 месяцев, а между стартами станций «Марс-4» и «Марс-7» — ровно 20 суток.)

Таким образом, выбор траектории полета межпланетного аппарата предопределяет длительность перелета, а следовательно, и длину пути, который должен проделать аппарат в межпланетном пространстве. И пока не создадут двигатели с неограниченным ресурсом работы, способные развивать сверхкосмические скорости, до тех пор полеты к планетам Солнечной системы останутся явлением эпизодическим, а длительность таких полетов будет исчисляться месяцами.

Здесь была приведена лишь очень упрощенная схема вывода аппарата на межпланетную траекторию. Например, считалось, что ось вращения Земли перпендикулярна плоскости ее орбиты (на самом деле они расположены под углом в 27 градусов друг к другу), плоскости орбит Земли и планеты-цели совпадают и т. д. Совсем не рассказывалось об энергетике участка сближения АМС с планетой. Однако и рассматривенного нами достаточно для того, чтобы понять, что межпланетные перелеты весьма сложны. Многочисленные успешные полеты советских космических аппаратов к Луне, Венере и Марсу свидетельствуют о том, что решение этой задачи по плечу советской науке.

КОСМИЧЕСКИЕ МАРАФОНЫ

Ввиду ограниченных возможностей современных ракет-носителей межпланетные рейсы космических посланцев человека осуществляются по оптимальным, с точки зрения энергетики, траекториям. Поэтому полеты даже к ближайшим планетам Солнечной системы занимают длительное время: к Венере — 3—4, к Марсу — 7 и даже более месяцев. Если же по прибытии к планете станция продолжает исследования с околопланетной орбиты, то время ее самостоятельной работы в космосе может исчисляться годами.

Годы автономного полета в условиях глубокого вакуума и низких температур, солнечной радиации и космических скоростей, метеорной опасности и огромных расстояний, исключающих возможность вмешаться в работу бортовых систем. В этих сложнейших условиях автомат должен сохранить

свою работоспособность, поддерживать заданные режимы служебной и научной бортовой аппаратуры, осуществлять радиообмен с Землей.

...Легкий напутственный толчок последнего, разгонного, блока ракеты-носителя. Возникшие при разделении моменты некоторое время вращают станцию. Но вот, беззвучно работая движками, станция занимает строго фиксированное положение, расправляет крылья-панели солнечных батарей, «ощетинивается» многочисленными антеннами. На Землю отправляется первая радиограмма: на борту порядок, приступаю к работе.

При запуске первых искусственных спутников Земли, да и первых пилотируемых кораблей одним из наиболее опасных факторов космического полета считалась возможность столкновения летательного аппарата с метеоритами. Предполагалось, что при пробое герметичных отсеков аппарата в случае столкновения с метеоритом окажется невозможным терморегулирование аппаратуры, откажет электроника, не рассчитанная на глубокий вакуум космического пространства. Аппарат прекратит свою активную деятельность, превратится в груды металла.

Практика многочисленных полетов показала, что метеоритная опасность была несколько преувеличена. Мелкие частички, которыми изобилует космос, не могут нарушить герметичность корабля (вспомните рассказы космонавтов о многочисленных царапинах на иллюминаторах). Корпус аппарата является достаточной преградой на пути космических частиц. Вероятность же столкновения с крупным метеоритом, могущим доставить неприятности, ничтожно мала (американские станции «Пионер» успешно преодолели самый опасный в этом смысле пояс астероидов).

Учитывая это, создатели космических станций стремятся не утяжелять аппараты, устанавливая какие-либо дополнительные демпфирующие экраны. Потому и наша станция смотрится сейчас не каким-то тяжелым неуклюжим предметом, а скорее произведением искусства в нарядном искрящемся одеянии.

Но отнюдь не для украшения одели в праздничный наряд свое детище создатели станции. Назначение этого одеяния другое — защитить солнечную сторону станции от перегрева, теневую — от переохлаждения. Теплоизоляционная шуба — хороший термостат, способный удерживать температуру станции на первоначальном уровне. Чтобы обеспечить нормальный режим работы служебной и научной аппаратуры, в отсеках станции поддерживаются необходимое давление и температура газа (обычно азота).

Однако в длительном полете пассивной теплозащиты (экранно-вакуумной теплоизоляции) не хватает. Поэтому помимо нее на станции предусмотрена активная система терморегулирования. Две радиационные панели, вентиляторы с разветвленной системой газопроводов, блоки термореле и управлений,

регулятор расхода газа и сама газовая среда — вот основные компоненты этой системы. Радиационные панели (одна из них постоянно обращена к Солнцу, вторая находится в тени) являются источниками тепла и холода на станции, а вместе со своими газоходами образуют так называемые холодный и горячий контуры системы терморегулирования. Прокачиваемый через них вентиляторами газ нагревается или охлаждается и, возвращаясь в отсек станции, стабилизирует температуру. По «заявке» потребителя специальный регулятор расхода увеличивает расход газа в одном из контуров, например в горячем, одновременно уменьшая его в другом — холодном. И так продолжается в течение всего полета.

Заказчиком температуры на борту станции может быть и Земля. Например, для предотвращения преждевременного перегрева отсеков спускаемых аппаратов станций серии «Венера» перед отделением их от станции по командам Земли они принудительно переохлаждаются. Это увеличивает длительность активного существования спускаемых аппаратов на раскаленной поверхности Венеры.

Работа систем терморегулирования, научной и приемопередающей аппаратуры требует значительных расходов электроэнергии. И если бы не было возможности восполнения затраченной энергии прямо в процессе полета, то нереальной оказалась бы сама возможность полетов к планетам Солнечной системы.

Третий советский искусственный спутник Земли благодаря наличию преобразователей солнечной энергии работал на орбите в течение нескольких месяцев. С тех пор почти каждому космическому аппарату вменяется в обязанность самому добывать себе электроэнергию, используя для этого даровую энергию Солнца.

Не составляет исключения и станция, о которой мы ведем рассказ. Две распластавшиеся вдоль ее «туловища» панели одной из своих сторон, где смонтированы микрогенераторы, постоянно обращены к Солнцу. А чтобы такое положение станции оставалось устойчивым, она медленно вращается вокруг линии станция — Солнце. Такую закрутку ей сообщили практически в самом начале самостоятельного полета микродвигатели системы ориентации. Расположенные подальше от центра масс станции (что увеличивает их эффективность при том же расходе рабочего тела, например азота, запасы которого имеются на борту) микродвигатели призваны разворачивать станцию относительно любой из трех осей или сообщать ей вращение. Благодаря приобретенному при закрутке гироскопическому моменту она длительное время сохраняет заданное ориентированное положение.

В режиме постоянной солнечной ориентации станция преодолевает большую часть своего пути. Этим обеспечивается постоянное восполнение электроэнергии, облегчается работа

системы терморегулирования, экономится рабочее тело. Связь с Землей на этом этапе осуществляет малонаправленная антенна, в поле «зрения» которой постоянно находится наша Земля. И лишь на значительном удалении от Земли, когда сигнал с этой антенны станет соизмерим с космическими шумами, в работу вступит остронаправленная параболическая антенна. Для того чтобы сигнал с нее попадал на Землю, станция изменит свое положение в пространстве, перейдя в режим солнечно-звездной ориентации.

Созданные к настоящему времени ракеты-носители и средства управления их полетом обеспечивают высокую точность выведения аппаратов на межпланетные траектории. Однако преодолеваемые ими расстояния настолько огромны, что малейшие погрешности выведения (в скорости, направлении разгона) могут в итоге привести к значительному промаху. Поэтому еще при расчете траектории будущего полета на Земле предусматривается проведение нескольких (обычно двух-трех) коррекций движения, возвращающих станцию на номинальную трассу.

Когда же производить коррекцию траектории — сразу, когда будет обнаружено отклонение станции от намеченного пути, или по истечении какого-либо времени, когда величина отклонения будет оценена с достаточной точностью?

Ответить на этот вопрос не просто. При небольших отклонениях маршрута станцию легче вернуть на расчетную траекторию, причем с меньшими затратами топлива. Однако большая погрешность в оценке отклонения (из-за малой величины самого отклонения) не позволяет точно рассчитать потребный импульс корректирующего двигателя. В результате мы можем подправить траекторию, не будучи полностью уверенными в результатах наших действий. Задержка в проведении коррекции также недопустима: слишком большими окажутся затраты топлива на компенсацию накопленного отклонения. Поэтому в каждом отдельном случае по результатам траекторных измерений строится так называемая прогностическая траектория полета и из всех возможных моментов включения корректирующего двигателя выбирается оптимальный.

Получив указания Земли (величину и направление импульса), станция разворачивается в нужном направлении, включается корректирующий двигатель, а после прекращения его работы станция возвращается в исходное положение. Полет продолжается.

Из-за больших расстояний и скорости сближения станции с планетой-целью последняя припланетная коррекция движения может проводиться автономно, без участия Земли (аппараты серии «Марс»). Станция сама рассчитывает необходимый разворот и величину импульса. Сущность же коррекции остается прежней.

Запуск любого космического аппарата, в том числе и

межпланетной станции, преследует множество задач, касающихся в нашем случае исследования планет и межпланетной среды. Поэтому существенную часть научной программы полета АМС составляют исследования по трассе полета. Исследуются метеорное вещество и солнечная плазма, структура межпланетной среды и излучения звезд. Полученные результаты отправляются на Землю. При необходимости (недостаток электроэнергии на борту, уход центра управления полетом за пределы прямой радиовидимости вследствие вращения Земли) они накапливаются в запоминающем устройстве до следующего сеанса связи и по первому запросу «сбрасываются» на Землю...

Так под неусыпной опекой Земли и при постоянном взаимодействии с ней реализуются космические марафоны протяженностью в сотни миллионов километров, демонстрируя беспредельность границ человеческого дерзания.

ДЛИТЕЛЬНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

Создание в Советском Союзе орбитального научного комплекса «Салют-6» — «Союз» — «Прогресс» позволило осуществить целую серию длительных пилотируемых полетов (96, 140, 175 и 185 суток). Первые полеты дали богатый опыт для организации постоянно действующих поселений в космосе, предоставили возможность уже сегодня выявить многие особенности космических полетов большой продолжительности.

Начнем с того, что в процессе жизнедеятельности экипажа на борту орбитальной станции расходуется огромное количество различных материалов. Это прежде всего пища для космонавтов, вода для питья и бытовых нужд, запасы кислорода, кино- и фотоматериалы, топливо для двигательных установок. Штатной эксплуатацией ряда систем станции предусматривается периодическая замена элементов систем, таких, как фильтры очистки, поглотители вредных примесей, регенераторы кислорода и т. п. К расходным материалам следует отнести, вероятно, и выработавшее свой ресурс оборудование станции, подлежащее замене научные приборы, всевозможная тара, в которой на орбиту были доставлены материалы и приборы, а также запасы воздуха, расходные при каждом шлюзовании отходов и выходе экипажа в открытый космос, и многое другое. Элементарные подсчеты показывают, что суммарное количество расходных материалов достигает десятка килограммов на «душу населения» станции в день. Ясно, что при полетах продолжительностью в несколько месяцев, а тем более лет создать одноразовый запас материалов на борту станции невозможно. Требуется организация постоянного материально-технического снабжения станции и ее экипажей с помощью специализированных грузовых кораблей.

Таким образом, необходимость создания транспортного

грузового корабля очевидна. Но каким должен быть этот корабль?

Сравнительная оценка грузопотоков туда и обратно показывает, что количество грузов, доставляемых на орбиту, в десятки и даже сотни раз превосходит грузопоток орбита — Земля. В самом деле, стоит ли возвращать на Землю выработавшую ресурс аппаратуру, отходы жизнедеятельности космонавтов, упаковку? Все это остается в космосе и потом сгорает при входе в плотные слои атмосферы. На Землю же возвращается лишь то, ради чего совершается космический полет — отснятые фото- и кинопленки, образцы космических плавок, контейнеры с биообъектами, записи в журналах наблюдений. А это — всего лишь десятки килограммов, и они могут быть доставлены на Землю в спускаемом аппарате пилотируемого корабля вместе с экипажем. Следовательно, грузовой корабль можно сделать невозвращаемым.

Итак, беспилотный и невозвращаемый. Таким и предстал перед нами созданный советскими космостроителями транспортный грузовой корабль «Прогресс». Отсутствие экипажа на борту корабля позволило значительно увеличить его полезную нагрузку. Не надо возить самих космонавтов, их скафандры, не надо запасов продовольствия, воздуха, воды. Отказ от возвращения «Прогрессов» на Землю избавил от необходимости установки на борту корабля систем спуска — мощного теплозащитного экрана, парашютов, двигателей мягкой посадки. В итоге «Прогресс» сегодня доставляет на станцию до 2300 килограммов полезных грузов, тогда как с пилотируемым «Союзом» на орбиту доставляется всего около 50 килограммов.

Однако создание грузового корабля проблему снабжения длительно действующей орбитальной станции решает лишь наполовину. Каков, например, смысл доставки на орбиту компонентов ракетного топлива, если станция не в состоянии принять их в свои баки? Отсюда вытекает целый комплекс мер на самой станции. На «Салюте-6» появился второй стыковочный узел — своеобразный грузовой причал станции. Основная двигательная установка станции оборудована средствами для приема топлива из баков «Прогресса»; соответствующие коммуникации подведены к стыковочному узлу. Но самое важное — на «Салюте-6» заранее предусматривалась возможность замены в ходе полета станции оборудования с непродолжительным ресурсом работы — различных вкладышей и патронов в системе обеспечения жизнедеятельности экипажей, аккумуляторных батарей и др. Сменность оборудования потребовала обеспечения доступа к элементам систем станции, простоты крепления узлов, пригодности унифицированного инструмента, снижения квалификации, необходимой для выполнения монтажных работ.

Длительная работа экипажей на «Салюте-6» — это прежде всего опыт работы с внеземной техникой, отработка методик

обслуживания орбитальной станции, приемов проведения различных ремонтных операций. Последние экипажи «Салюта-6» выполняли такие работы, на которые не согласились бы специалисты вначале эксплуатации станции. Были успешно опробованы пайка в условиях невесомости, резка металлов обыкновенной ножовочной пилой со сбором опасных металлических опилок и даже вторжение в герметичную гидравлическую систему с токсичным рабочим телом.

Сменность и ремонтпригодность бортового оборудования — важнейшая особенность длительно действующей орбитальной станции. И поэтому конструкторы уже сегодня продумывают пути существенного повышения этих показателей, разрабатывают, в частности, новые крепления отдельных блоков на станции — быстросъемные и в то же время гарантирующие безопасность при действии перегрузок на участке выведения станции. Создатели орбитальных станций склоняются к мысли о том, что замена бортового оборудования потребует меньших затрат времени и физических усилий, если все оборудование будет размещено не по контуру станции, а вдоль ее оси. Такая компоновка не только повысит удобство обслуживания приборов, но и позволит создать систему контроля и ликвидации возможных нарушений герметичности станции вследствие попадания метеоритов. Пока станции работают годами, а их экипажи немногими месяцами, метеоритная проблема не стоит в числе первостепенных. Завтра же станции станут постоянно действующими, экипажи будут меняться непосредственно в процессе полета, да и габариты станций существенно возрастут. И тогда сегодняшние наброски станут воплощаться в конкретные конструкции.

Техническое обслуживание «Салюта-6» требовало от его экипажей значительных временных затрат. Такой параллелизм в работе экипажей, заключающийся в одновременном проведении профилактических мероприятий и научных исследований, является еще одной и при этом неременной особенностью длительной экспедиции. Если первые экипажи «Салюта-6» ограничивались лишь ежедневным контролем систем станции, то последующие экипажи затрачивали на ремонтно-профилактические работы до четверти и более своего рабочего времени.

Рассмотренные выше проблемы касались главным образом технических аспектов длительного пилотируемого полета. А как с самим человеком — участником полета, в течение многих месяцев находящимся в условиях невесомости, оторванности от привычных ощущений, ограниченного объема среды обитания?

Первые длительные полеты показали, что многое из того, что в кратковременном полете не привлекает внимания космонавтов, начинает беспокоить экипаж при более длительном воздействии. Источниками такого беспокойства могут стать по-

стоянные вибрации, недостаточность освещения рабочих мест на станции, шумы от работающих вентиляторов и реле, однообразие обстановки и пищи и многое другое. Такие, на первый взгляд, мелочи быта могут оказаться причиной раздражения, а в последующем и психологического срыва. Поэтому вопросы организации быта и досуга, распорядка дня и рабочей недели находятся в центре внимания инженеров, методистов и врачей многих специальностей.

Обычно выделяют три момента, способствующие созданию хорошего микроклимата на борту орбитальной станции, поддержанию высокого физического тонуса и работоспособности, а в итоге и успешному выполнению длительного космического полета.

Первый — это рационально построенный быт, чередование режимов труда и отдыха. Все экипажи «Салюта-6» жили по московскому времени. Рабочий день у них начинался, как и у москвичей. Десять часов отводилось на сон, два с половиной часа — на прием пищи, примерно столько же на физические упражнения. При этом, конечно, были какие-то эпизодические, единичные сдвиги, связанные, например, с приходом грузового корабля или экспедиции посещения, дозаправкой станции в зоне радиовидимости наземных станций слежения и пр. Весьма важным фактором признаны были полноценность и разнообразие рациона питания.

Второй — это система мероприятий по психологической поддержке экипажа. В Центре управления полетом создана специальная группа, задача которой — забота о психологическом настрое экипажа. Наши контакты на Земле очень обширны. Значительная часть из них происходит в полном согласии с нашими желаниями и, как правило, после таких встреч наше настроение повышается. У экипажа орбитальной станции выбора для общения практически нет. И вот в ходе длительных полетов на «Салюте-6» мы стали свидетелями периодических «встреч» космонавтов с семьями, писателями, артистами, спортсменами, бесед с друзьями, учеными.

На «Салюте-6» появилось впервые в практике космических полетов телевидение. Космонавты стали не только слышать, но и видеть своих собеседников, то есть был создан эффект непосредственного общения. Сеансы связи стали сопровождаться музыкой. На борту станции расширился ассортимент фоно- и видеозаписей, появились библиотека и фотоотека. Для космонавтов транслировались спортивные передачи и концерты. Особую радость доставляли им посылаемые с «Прогрессами» письма от родных, близких и друзей, свежие фрукты и овощи, спецвыпуски газет. И, конечно, ни с чем нельзя сравнить по эмоциональному воздействию на основной экипаж станции прибытие гостевых экипажей.

И, наконец, третий — это комплекс профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья и физиче-

ского тонуса. Полностью оправдала себя система физических нагрузок с использованием тренировочно-нагрузочных костюмов, вакуумной емкости, эспандеров, бегущей дорожки, велоэргометра. При этом интенсивность физических нагрузок назначается с учетом индивидуальных особенностей каждого члена экипажа. Суммарная дистанция бега и ходьбы достигала 4—5 километров. Ежедневная наработка на велоэргометре составляла 25—40 тысяч килограммометров. Все это должно было восполнить дефицит мышечной деятельности космонавта в невесомости.

Помимо целенаправленного и рационального планирования режима труда и отдыха экипажа на станции, немаловажное значение для успеха длительного полета имеют система подготовки экипажа на Земле, при которой он заранее настраивается на полет определенной продолжительности, а также система отбора космонавтов и комплектования экипажей с учетом индивидуальных психологических качеств будущих членов одного экипажа.

Проблема психологической совместимости людей весьма сложна. В ее основе лежит многое — и характер, и мировосприятие, и внутренняя культура, и даже возраст людей, составляющих единый коллектив, будь то семья, полярная или кругосветная экспедиция, экипаж самолета или подводной лодки. Острота ж проблемы зависит от конкретного сообщества людей и, пожалуй, в еще большей степени от ситуации, в которой оказались эти люди. История знает немало примеров того, как неожиданно могут сложиться обстоятельства, когда в оторванном от внешнего мира немногочисленном коллективе нарушено согласие.

Проблема психологической совместимости вполне реальна. О ее существовании знали давно. Однако вплотную ею стали заниматься лишь с началом пилотируемых полетов в космос. Причина тому — исключительность условий космического полета: небольшой коллектив (2—3 человека), длительная изоляция, высокое эмоциональное воздействие на экипаж факторов космического полета. Все это заставляет руководителей подготовки и врачей весьма придирчиво относиться к подбору кандидатов на полет.

В последнее время даже от летавших космонавтов можно услышать рассуждения о том, что проблемы психологической совместимости не существует вообще. Высказывалось мнение, что-де если люди по-настоящему преданы своему делу, хорошо подготовлены и увлечены работой, осознают всю полноту ответственности, которая на них возложена, то они выдержат полет любой продолжительности. А вот что думает по этому поводу руководитель подготовки космонавтов В. А. Шаталов, трижды побывавший в космосе: «...проблема психологической совместимости существует. Мы на практике убеждались в этом не один раз. Уже в первые два-три месяца интенсивных трени-

ровок в некоторых экипажах начинаются, мягко говоря, небольшие трения, порой перерастающие в серьезные конфликты. Хорошие друзья вдруг перестают понимать друг друга и никак не могут найти общего языка. ...Чаще всего дело кончается миром. Когда люди уж очень хотят чего-то добиться и это «что-то» зависит от них обоих, то всегда найдется взаимоприемлемое решение, без «перегрузок» и обид».

Возможно, именно это последнее обстоятельство и имеют в виду оптимисты? Безусловно, можно заставить себя ради общего дела даже улыбаться надоевшему «до горькой редьки» напарнику. Однако свидетельствовать это будет скорее о мужестве и умении управлять своими эмоциями, нежели об отсутствии проблемы психологической совместимости как таковой. А будет ли этого достаточно для полного взаимного доверия, психологического раскрепощения, от которых так зависят результаты совместной работы, исключит ли это потенциальную угрозу срыва?

И, наконец, о том, нужны ли длительные экспедиции вообще.

С одной стороны, в длительном космическом полете значительная часть рабочего времени экипажа затрачивается на физические упражнения, что, естественно, снижает общую результативность научных исследований. Да и сам такой полет — это серьезное испытание для его участников в космосе и на Земле.

С другой стороны, в первых же многомесечных полетах советских космонавтов на борту «Салюта-6» открылись принципиально новые возможности орбитальных исследований. Взять, к примеру, визуальные наблюдения за земной и водной поверхностью. Выяснилось, что первые полтора-два месяца глаз космонавта только осваивается «на местности», адаптируется к наблюдаемым объектам и только потом начинает различать детали явлений, подмечать особенности изучаемых процессов. Вот как об этом говорит участник 175-суточной экспедиции В. А. Ляхов: «Если сначала океанская поверхность казалась монотонной, однообразной, то уже через полтора месяца мы начали различать характерные оттенки того или иного моря, той или иной части Мирового океана. С удивлением открыли для себя, что во время полета космонавт как бы учится заново видеть. На первых порах мельчайшие цветовые нюансы сливаются, но постепенно ощущаешь, что зрение обостряется, глаза становятся зорче, и вот уже планета предстает перед тобой во всей неповторимой красоте».

Нетрудно догадаться, какую огромную пользу для многих земных дел могут оказать такой вполне «осознанный» взгляд с орбиты и возможность наблюдения одних и тех же объектов в течение длительного времени (например, при сезонных изменениях) одним и тем же наблюдателем.

Летчик-космонавт СССР Л. И. Попов считает, что длитель-

ность полета положительно сказывается на проведении научных экспериментов там, где нужен набор статистики и наблюдательного материала для более уверенных выводов. А разве не к таким заботам относятся астрофизические исследования, где необходимы периодические наблюдения в течение длительного времени, или медико-биологические исследования, когда в одном полете прослеживается развитие нескольких поколений живых организмов или осуществляется полный цикл развития растения от семени до семени?

Длительный космический полет позволяет многократно корректировать задачу экипажу, воспроизводить отдельные опыты в измененных условиях, то есть делает программу исследований более гибкой.

В пользу длительных полетов говорит и экономическая сторона дела: требуется меньше дорогостоящих космических кораблей и всего того, что связано с их запуском и обслуживанием.

А что, кроме самого длительного полета, поможет решить вопрос о пределах влияния факторов космического путешествия на человеческий организм, от ответа на который зависят не только наши представления о физических возможностях человека, но и поиск возможностей дальнейшего проникновения во Вселенную?

Цель космических полетов ближайшего будущего — добиться постоянной деятельности человека в космическом пространстве, и путь к этому лежит через длительную работу экипажей на борту орбитальных станций.

НЕШТАТНАЯ ОПЕРАЦИЯ

В биографии советской орбитальной станции «Салют-6» было, по крайней мере, два случая, когда мужество и умение экипажа, по мнению многих, спасали станцию от серьезных последствий. И хотя еще рано было обе эти ситуации называть критическими, от их исхода самым непосредственным образом зависела дальнейшая эксплуатация дома на орбите.

Последняя эпопея с антенной космического радиотелескопа KPT-10 запомнится надолго. Зацеп десятиметровой антенны за элементы конструкции станции лишил станцию способности корректировать свою орбиту и, что самое главное, исключал возможность швартовки к грузовому причалу транспортных кораблей «Прогресс». И только выход в космос экипажа третьей длительной экспедиции В. А. Ляхова и В. В. Рюмина принес желаемые результаты.

Однако этому же экипажу в самом начале его полета пришлось решить еще одну весьма сложную и ответственную задачу...

Каждый телезритель мог неоднократно наблюдать, как вылитая из сосуда жидкость плавает в кабине космического

корабля, стараясь принять форму шара. Если такой шар разрушить, то каждая из его частей через несколько мгновений, словно ежик, свернется в «клубочек». Соприкосновение отдельных шаров приведет к их слиянию в общую массу. Этой доставляющей истинное наслаждение картине мы обязаны силам поверхностного натяжения жидкости, которые в невесомости превращаются в главенствующий над поведением жидкости фактор. Именно поверхностные силы послужат основой внеземного производства целых и пустотелых сфер идеального профиля и чистоты, которые, как полагают специалисты, способны совершить чуть ли не революцию в технике.

Но если для технолога космического производства такие фокусы с жидкостью сущий подарок, то конструктору двигательных установок космических аппаратов они способны доставить немало хлопот.

Вопросам поведения жидкостей в космосе уделялось самое серьезное внимание еще задолго до первых космических аппаратов, имеющих жидкостные двигательные установки. Сосуды с различными жидкостями запускались на вертикальных ракетах, и на участке последующего свободного падения на них проводились различные замеры. На Земле строились вышки, с которых сбрасывали контейнеры с компонентами топлива, напичканные множеством датчиков.

Как будет вести себя топливо в частично опорожненном баке космического корабля, то есть там, где помимо жидкости есть еще и газообразная фаза? Во-первых, совершенно ясно, что четкой границы раздела между жидкостью и газом в невесомости не будет. Во-вторых, многое будет зависеть от того, смачивает ли жидкость стенки сосуда или она скатывается с них как «с гуся вода». В самом деле, обыкновенная вода прекрасно смачивает ткань, дерево, металл, бумагу, но не смачивает парафин, закопченную или жирную поверхность.

Очевидно, что в первом случае вследствие сил поверхностного натяжения компонент топлива каким-то образом распределится по стенкам бака космического корабля, имея внутри себя газовые полости (пузыри), во втором — наоборот, по всему объему бака в газовой среде будут плавать отдельные скопления жидкости, стремящиеся принять более или менее правильную сферическую форму.

Какому же из этих двух случаев отдать предпочтение при проектировании топливной системы космического аппарата? Ответ однозначный: ни тому, ни другому, так как попадание газового пузыря в топливную магистраль приведет к увеличению гидравлического сопротивления магистралей и вследствие этого к нерасчетному режиму подачи топлива. Дойдя до камеры сгорания, такой пузырь изменит режим горения топлива или вовсе выключит двигательную установку, момент включения и продолжительность работы которой рассчитываются, как известно, до долей секунды.

А как вообще подать топливо в камеру сгорания, если его компоненты попросту «гуляют» внутри топливных баков? Можно, конечно, перед включением двигателя создать на борту аппарата небольшую искусственную силу тяжести (включив, например, газовые микродвигатели) и таким образом как бы прижать жидкость к заборникам топлива. Но такой способ усложняет систему управления космическим аппаратом, снижает его надежность.

Выход из создавшегося положения — не допускать смешения жидкой и газовой фаз в топливном баке, а еще лучше полностью изолировать их друг от друга. И конструкторы нашли решения, ставшие со временем классическими. Вот простейшее из них. Сферической формы топливный бак пополам перегородивается устойчивой к воздействию компонента эластичной мембраной. Одна из образовавшихся полостей отводится жидкости, вторая — газу. При заправке космического аппарата на Земле за счет избыточного давления жидкости мембрана отжимается к противоположной стенке сосуда и компонент таким образом заполняет все баковое пространство. Если теперь в газовую полость бака подать под некоторым давлением какой-либо газ, то, воздействуя на мембрану, как на поршень, газ начнет выталкивать топливо в двигательную установку вплоть до полного опорожнения бака. Просто и изящно.

Но практика показала, что одной только изящной конструкции недостаточно. Дело в том, что топливный компонент (как и любая другая жидкость), где бы он ни хранился, всегда содержит какое-то количество растворенного в нем газа, причем тем больше, чем выше было давление в сосуде. На участках топливной магистрали с пониженным давлением газ (в полном соответствии с законами физики) будет выделяться из компонента и образовывать те же самые пузыри, от которых мы только что так старательно избавлялись.

Предвидя такую возможность, конструкторы заправочной техники стараются снизить концентрацию газов в топливных компонентах еще на Земле, перед заправкой ими баков космического аппарата. Простейший способ удаления из жидкости растворенных в ней газов — вакуумирование пространства над жидкостью. Таким путем можно обработать, например, воду перед заполнением системы отопления жилого дома, чтобы внутренние стенки трубопроводов меньше корродировали в процессе эксплуатации системы. К компонентам же ракетных топлив вакуумирование неприменимо по той причине, что практически все они жидкости сложные и их вакуумирование приведет к интенсивному испарению наиболее летучих фракций, а следовательно, к изменению состава и химических свойств компонента в целом. Выход здесь только один — заменить хорошо растворимые в жидком газы (такие, как кислород и азот) на менее растворимый газ, например гелий. Такая процедура получила название деаэрации (аэро — воздух),

то есть удаления из жидкости основных составляющих воздуха (кислорода и азота) с одновременной заменой их на какой-либо другой, малорастворимый в данной жидкости газ.

Способов деаэрации жидкости множество. К примеру, на дне специального сосуда (деаэратора) можно разместить газовый коллектор и через него под уровень жидкости подавать с определенным расходом гелий. Проходя через толщу жидкости, пузырьки гелия будут частично растворяться в жидкости сами и одновременно насыщаться выделяющимся из жидкости воздухом. Накопившаяся в газовом пространстве воздушно-гелиевая смесь удаляется из деаэратора.

Причиной незапланированного попадания газа в топливный бак космического корабля может явиться наличие воздуха в топливных магистралях, соединяющих заправщик с баками корабля на технической позиции космодрома. Чтобы этого не случилось, все заправочные магистрали (так же, как и сами баки) перед заправкой тщательно вакуумируются.

Из сказанного ясно, какое серьезное внимание уделяют конструкторы защите двигательного тракта космических аппаратов от газовых включений и к каким серьезным последствиям может привести смешение жидкой и газовой фаз в топливной системе корабля.

Весьма сложная в этом смысле ситуация сложилась на борту орбитальной станции «Салют-6». Поиски выхода из создавшегося положения потребовали от специалистов мобилизации их таланта и умения, а блестящее исполнение задуманного явилось образцом инженерного искусства.

Напомним, что наряду с другими новшествами, позволяющими отнести «Салют-6» к разряду орбитальных станций второго поколения, на новом «Салюте» впервые применена так называемая объединенная двигательная установка. Что это такое?

Известно, что каждый космический аппарат, выполняя запланированную программу полета, совершает различные маневры на орбите — коррекцию орбиты аппарата (перемещение центра масс), ориентацию его в пространстве при выборе объектов наблюдения (вращение вокруг центра масс), стабилизацию аппарата в заданном положении в течение необходимого для наблюдения промежутка времени. Для выполнения всех этих операций обычно служит целая серия больших и малых двигателей. Каждая группа двигателей (коррекции, ориентации, стабилизации) работает на своих топливных компонентах, то есть имеет свою, независимую от других топливную систему. Такая многокомпонентная топливная система, использующая различные пары топлив (горючее плюс окислитель), так называемые унитарные (однокомпонентные — перекись водорода) топлива, сжатый газ, в известной мере усложняет и сам космический аппарат и технологию его обслуживания в космосе и на Земле. Сколько надо было бы иметь всевозможных бачков

и баков и различных трубопроводов на грузовом корабле «Прогресс», чтобы обеспечить заправку орбитальной станции «Салют-6», и какое множество агрегатов должно быть на технической позиции космодрома при подготовке станции к запуску. Кроме того, в процессе длительной эксплуатации космического аппарата с автономными двигательными установками всегда существует потенциальная угроза непропорционального расхода топлива между отдельными системами. В результате, например, из-за отсутствия топлива в системе ориентации, исправный аппарат не сможет совершить запланированной коррекции, хотя корректирующая установка и имеет необходимое для маневра количество топлива.

Создатели «Салюта-6» объединили топливные системы функционально различных двигательных групп в одну. Отсюда и ее название — объединенная двигательная установка (ОДУ, конструкторы еще называют ее «Одуванчик»). Два двигателя коррекции по 300 килограммов тяги каждый и около трех десятков малых двигателей (причаливания и ориентации) по 14 килограммов тяги работают на одной и той же паре компонентов: несимметричный диметилгидразин (горючее) и азотный тетраоксид (окислитель).

На «Салюте-6» имеются три бака с горючим и столько же с окислителем. Все шесть баков сконструированы аналогично. К одной из крышек цилиндрического бака герметично приварена эластичная разделительная мембрана в форме сильфона (круглой гармошки). Во внутренней полости сильфона располагается топливный компонент — горючее или окислитель. В другую полость бака (над сильфоном) от баллонов высокого давления через редуктор (понижающий давление примерно с 200 до 20 атмосфер) подается газообразный азот. Создавая давление на сильфон, азот находится как бы в постоянной готовности вытолкнуть топливный компонент в двигательный тракт. А поскольку несимметричный диметилгидразин и азотный тетраоксид — самовоспламеняющаяся топливная пара, то для включения двигателя остается лишь открыть необходимые клапаны на топливных магистралях.

При дозаправке станции на орбите давление азота в газовой полости топливного бака будет препятствовать заполнению сильфона компонентом топлива. Для устранения противодействия перед дозаправкой азот удаляется из баков, но при этом он не выбрасывается за борт станции, а возвращается обратно в баллоны высокого давления. Перекачка азота выполняется довольно мощным по космическим меркам (1 киловатт) компрессором. И хотя мощность солнечных батарей «Салюта-6» достигает 4 киловатт, такие значительные энергозатраты растягивают операцию по перекачке азота на несколько суток (рабочих смен).

А теперь о сути возникших на борту «Салюта-6» осложнений. В конце работы второй основной экспедиции в составе

В. Коваленка и А. Иванченкова были замечены отклонения параметров азотной системы наддува топливных баков ОДУ. Двигательная установка «Салюта-6» по-прежнему работала безупречно, однако поведение системы наддува не могло не насторожить специалистов.

Всесторонний анализ поведения ОДУ в различных режимах ее работы показал, что в одном из баков горючего нарушена герметичность разделительного сильфона. Это значит, что жидкое горючее и выдавливающий его газообразный азот в баке перемешались, воздвигнув перед специалистами целую цепочку проблем.

Во-первых, поврежденный сильфон уже не может быть «посредником» при подаче горючего к двигателям: азот будет проникать через образовавшуюся дыру во внутреннюю полость сильфона, не создавая необходимого для подачи горючего давления на сильфон. Во-вторых, попадание газовых включений в двигательный тракт не сулит ничего хорошего, о чем мы уже говорили выше. В-третьих, проникновение агрессивного горючего или его паров в газовую часть топливной системы может повлечь за собой повреждение всей системы наддува, элементы которой (отсечные и предохранительные клапаны, редукторы, компрессор и т. п.) рассчитывались на работу в нейтральной (азотной) среде, но никак не на работу в среде несимметричного диметилгидразина. ОДУ может полностью выйти из строя, и полет придется прекратить. И, наконец, в-четвертых, экономическая сторона дела: превращенные в эмульсию, становились непригодными к использованию более 200 килограммов доставленного на орбиту горючего. «Поломать голову», как видим, было над чем.

За время многомесячного беспилотного полета «Салюта-6» между второй и третьей экспедициями создатели двигательной установки разработали план мероприятий по ликвидации возможных последствий сложившейся ситуации. Было выполнено моделирование состояния ОДУ, на специальных наземных стендах отработаны элементы предстоящих операций, спрогнозировано и в пределах возможного проверено поведение топливной системы при ее ремонте в невесомости. Конечная цель разработанных мероприятий—освобождение от газовых включений горючего в неисправном баке, перекачка очищенного горючего в исправные баки станции и отключение бака с поврежденным сильфоном от общего контура двигательной системы.

Разветвленная система трубопроводов ОДУ с соответствующей запорно-распределительной арматурой позволяет пользоваться любым из трех баков при включениях двигательной установки, перекачивать горючее из одного бака в другой, а также отключать любой из баков от участия в дальнейшей работе.

14 марта 1979 года к «Салюту-6», на борту которого уже

в течение трех недель работали Владимир Ляхов и Валерий Рюмин, пристыковался очередной грузовик «Прогресс-5». Вместе с многочисленными грузами для дальнейшей работы станции «Прогресс-5» доставил 170 килограммов окислителя и... ноль килограммов горючего. Эти пустые баки «Прогресса», как мы увидим ниже, были напрямую связаны с предстоящими работами по устранению неисправностей на объединенной двигательной установке.

Непосредственное исполнение работ с ОДУ было решено поручить экипажу. Для этого были веские причины. Несмотря на огромную скорость распространения радиоволн, от исполнения команды на борту станции до появления «картинки» с результатами на пульте наземного оператора может пройти несколько секунд. Они расходуются на прием информации из космоса, ее обработку с помощью ЭВМ (при которой возможно неоднократное обращение ЭВМ к другим, стандартным программам), ее преобразование и отображение в удобном для восприятия виде. Поэтому, учитывая быстротечность и высокую ответственность операций с ОДУ, Земля решила выступить в роли советчика — консультанта экипажа. Тем более, что никакой опасности экипажу проведение работ с ОДУ не представляло: все ее элементы, включая и трубопроводы, располагаются вне герметичных отсеков станции.

Готовясь к своему полету, В. Ляхов и В. Рюмин отрепетировали свои действия на специальных стендах и макете ОДУ, прихватив в полет необходимую техническую документацию. И вот утром 16 марта космонавты — у пульта управления системами ОДУ в рабочем отсеке «Салюта-6», откуда простым нажатием кнопок они могут открыть или, наоборот, закрыть любой из клапанов. Размещенная здесь же «живая» пневмогидравлическая схема топливных систем «Салюта» и «Прогресса» с помощью соответствующей сигнализации позволяет определить состояние системы в целом.

Чтобы полностью исключить возможность попадания в двигательный тракт газообразного азота, было решено чистое горючее, содержащееся в двух исправных баках, разместить в одном из них, а освободившийся использовать для перекачки в него горючего из неисправного бака. Таким образом, даже в случае неудачи на борту «Салюта-6» оставался бы один бак с чистым горючим.

Выполнив необходимые для этого операции (переключение арматуры, включение компрессоров), В. Ляхов и В. Рюмин освободили один из баков от горючего, а затем с помощью компрессорной установки откачали азот из его газовой полости. Все готово к основной процедуре. Теперь дело за сепарацией.

Продольные оси топливных баков ОДУ на «Салюте-6» совпадают с продольной осью станции. Именно это обстоятельство существенно облегчило задачу разделения газовой и жидкой фаз в неисправном баке горючего. Сориентировав ком-

плекс «Союз» — «Салют» — «Прогресс» панелями солнечных батарей станции на Солнце, В. Ляхов и В. Рюмин раскрутили комплекс вокруг поперечной оси со скоростью три градуса в секунду. Возникшие вследствие вращения центробежные силы прижали тяжелое горючее к заборному патрубку, а содержащиеся в жидкости легкие газовые включения стали «всплывать» в сторону оси вращения — «сепаратор» заработал. На борту «Салюта-6» происходило то же самое, что и в любом наземном центробежном сепараторе или отстойнике, использующем обычную силу земного тяготения и различие в удельных весах разделяемых компонентов смеси.

Возникшая на станции центробежная сила была очень незначительной (сотые доли, как сообщили космонавты). Однако для специалистов на Земле и этих сотых долей было достаточно для полной уверенности в том, что выдавливание горючего из неисправного бака не приведет к попаданию азота в топливную магистраль. Роль разделительной мембраны будет играть «зеркало» отсепарированного горючего.

Для контроля так называемой сплошности перекачиваемой жидкости (то есть отсутствия в ней газовых включений) достаточно простого датчика давления, установленного на линии перекачки. При попадании газового пузыря в магистраль возрастет гидравлическое сопротивление потоку, а следовательно, и давление в магистрали, на что немедленно отреагирует датчик давления. Но такой контроль (постфактум) не дает возможности предупредить проникновение газа. Поэтому решено было перекачать не все отсепарированное горючее, а только около 150 килограммов (риск попадания газового пузыря в конце перекачки резко возрастет).

Остальное содержимое неисправного бака с негарантированной чистотой горючего можно было просто выбросить в открытый космос. Однако высокая агрессивность несимметричного диметилгидразина (который двигался бы вместе со станцией по орбите) могла стать причиной повреждения внешних элементов станции (тепловой изоляции, антенн, телевизионных камер), ухудшить оптические свойства иллюминаторов и т. п. Вот здесь-то и пригодились пустые топливные баки «Прогресса-5». Соответствующим переключением регулирующей арматуры остатки жидкости были переданы в баки «Прогресса».

Первая и, возможно, главная часть «операции ОДУ» на этом заканчивалась. Но оставалась другая, не менее важная — освободить азотные магистрали вытеснительной системы и полости поврежденного бака от остатков горючего и его паров. Экипаж «Салюта-6» открыл клапан дренажа, и парогазовая смесь вырвалась в открытый космос. Резкое понижение давления примерно с двадцати атмосфер до космического вакуума приводило к понижению температуры выбрасываемой за борт смеси. Пары горючего мгновенно конденсировались и замерзали, образуя рыжеватые хлопья, о чем космонавты, наблю-

давшие за происходящим в иллюминатор, с восторгом докладывали Земле.

Однако простое дренажирование содержимого азотных магистралей полностью проблемы не решало. Наземные испытания показали, что подверженный длительному воздействию несимметричного диметилгидразина металл не сразу «отдает» адсорбированное (поглощенное поверхностью) горючее. Поэтому освобожденные от паров горючего пневмомагистрали были продуты сжатым азотом и оставлены на последующие семь суток под воздействием космического вакуума.

23 марта была выполнена повторная продувка. И, наконец, 27 марта после очередной продувки и вакуумирования бак был заполнен сжатым азотом и закрытием клапанов как по азотной, так и по линии горючего отключен от топливной системы. Дальнейшая работа двигательной установки «Салюта-6» при выполнении необходимых динамических операций обеспечивалась горючим из двух исправных баков.

Так на околоземной орбите был осуществлен сложный комплекс технологических мероприятий по профилактике одной из жизненно важных систем орбитальной станции, продемонстрировавших широкие возможности космической техники и ее создателей.

«Салют-6» продолжил успешный длительный полет, а его двигательная установка приняла несколько новых порций топлива. Безусловно, топливная система станции находилась под особым наблюдением специалистов. И даже в наземный двойник двигательной установки была введена аналогичная неисправность. И также успешно этот двойник «сопровождал» работу своего салютовского собрата, правда, с некоторым опережением графика.

Разработчики «Салютов» получили подтверждение правильности подхода к обеспечению живучести систем орбитальной станции, и особенно таких, которые не могут быть заменены в процессе полета. Следовательно, конструктор обязан предусмотреть все возможные и невозможные отказы, разумно задублировать систему или функционально увязать ее так, чтобы выход из строя любого элемента не повлек за собой прекращения полета.

КОСМОС И ЭВМ

Автоматическая межпланетная станция стремительно приближается к Марсу. Для обеспечения требуемого угла входа спускаемого аппарата в атмосферу планеты необходима последняя, припланетная, коррекция. Земля запрашивает станцию о положении ее относительно Марса и вырабатывает необходимые команды. Станция послушно разворачивается на рекомендуемый угол и включает двигательную установку.

Такая схема дистанционного управления космическим ап-

паратом вполне логична и много раз проверена на практике. Однако в ситуации с Марсом она оказалась неприемлемой по целому ряду причин. Главная из них — огромные расстояния. Выбор энергетически оптимальной траектории перелета к Марсу приводит к тому, что в момент сближения станции с планетой нас разделяют сотни миллионов километров. И даже фантастическая скорость радиоволны в 300 тысяч километров в секунду оказывается беспомощной перед такими расстояниями. Время прохождения сигнала туда и обратно достигает тридцати и более минут. Ровно на столько опоздает станция с исполнением нужного маневра. А если учесть, что она несется с космической скоростью, становится очевидной неэффективность управления ее действиями с Земли.

Выход один — доверить управление полетом самому аппарату. Бортовая навигационная система, осматриваясь, определяет положение станции относительно Марса, Земли и Солнца. По этим данным вычислительная машина на борту рассчитывает угол доворота станции для выдачи корректирующего импульса, время включения и длительность работы двигателя. Все остальное — как обычно.

Итак, ЭВМ... Трудно представить прогресс космонавтики без быстродействующих электронных вычислительных машин. Да и сама она была бы невозможна без этих незаменимых помощников человека. Ни логарифмическая линейка, ни арифмометр, ни даже электронная «Искра» не в состоянии обеспечить быструю обработку огромного объема телеметрии, принимаемой с борта современного космического корабля.

Многие сотни параметров, характеризующих состояние и работу бортовых систем корабля, научная и медицинская информация должны быть зарегистрированы, обработаны, преобразованы и в удобной для восприятия форме поданы на экраны Главного зала Центра управления полетом, на мониторы специалистов. Причем все это нужно сделать в реальном масштабе времени. Иначе нельзя: корабль несется со скоростью восемь километров в секунду в губительной для всего живого среде, поэтому малейшее промедление в обработке телеметрии или траекторных измерений недопустимо.

Самые современные ЭВМ с быстродействием в миллионы операций в секунду обслуживают центры управления полетами. Ввиду особой ответственности возлагаемой на ЭВМ миссии (информация из космоса не должна быть потеряна ни на одну секунду!) они, как правило, резервируются не только холодным, но и горячим способами.

С расширением круга задач, поручаемых космическим средствам, растет и количество запускаемых в космос аппаратов различного назначения. Это пилотируемые корабли и станции, метеорологические, связные, навигационные и геодезические спутники, лунные и межпланетные автоматические станции. Каким же разветвленным должен быть наземный

командно-измерительный комплекс, чтобы вести работу с несколькими десятками объектов одновременно! Синхронизация деятельности измерительных пунктов, наведение их радиоприемных антенн на заданную точку небесной сферы и «отслеживание» антенной летящего аппарата, прием телеметрической и научной информации, выполнение траекторных измерений, выдача управляющих команд — все это ложится на плечи автоматики и прежде всего электронных вычислительных машин.

На космических перекрестках становится все оживленнее. Вместе с этим в околоземном пространстве увеличивается число пассивных тел искусственного происхождения (последние ступени ракет-носителей, замолкшие спутники, всевозможные крышки, другие предметы, движущиеся каждый по собственной орбите со своим наклоном и периодом обращения, сроком существования на орбите). И за каждым таким предметом необходимо вести постоянное наблюдение, учет и прогнозирование траектории движения, ибо в противном случае полеты в космос станут небезопасными. Организация таких наблюдений невозможна без применения вычислительной техники.

В печати не раз сообщалось о том, что при подготовке экипажей к полету на комплексном тренажере создается обстановка, близкая к условиям реального полета, и именно такая, что находящиеся на орбите в реальном полете космонавты иногда считают, что они все еще на тренировке.

И это действительно так. Космонавты в тренажере слышат все предстартовые команды и рев двигателей стартующей ракеты, наблюдают за работой бортовых систем при старте и выходе на орбиту, за раскрытием панелей и антенн, видят пробегающую под ними Землю и перемещающееся звездное небо, ведут связь с Землей, выполняют «закрутки», стыковки и еще сотни других операций, отрабатывая штатную программу полета и нештатные ситуации, осуществляют приземление. Здесь нет только невесомости и перегрузок. Попробуйте создать такой имитатор без ЭВМ!

Миниатюризация вычислительной техники способствовала проникновению ЭВМ и на борт космических летательных аппаратов. Известно, что первые пилотируемые корабли полностью управлялись с Земли. Со временем многие функции по управлению (чтобы не загружать экипаж «лишней» работой) стали перепоручать автомате. Скажем, такие операции, как выполнение навигационных измерений, оценка параметров орбиты и их прогнозирование, определение момента начала сеанса связи с Землей и его длительности, времени входа аппарата в тень Земли и выхода из нее на борту «Салюта-4» успешно решала небольшая вычислительная машина. Экипажам американских космических кораблей «Аполлон» и новых советских кораблей серии «Союз Т» ЭВМ помогают при проведении маневров на орбите. Например, при стыковке аппаратов прямо

на борту рассчитываются параметры относительного движения стыкующихся объектов (скорости сближения, положение линии визирования) и выдаются рекомендации по дальнейшим действиям экипажа. А на «Союзе Т» экипажи могут даже и не прикасаться к пультам — стыковку за них выполнит ЭВМ.

Важнейшим участком применения ЭВМ в космических исследованиях является наземная обработка добытой в космосе научной информации. Сортировка информации по принадлежности, оперативности, важности; сравнение полученных данных с эталонными, то есть идентификация измерений; расчет и построение удобных для практического использования карт и полей распределения параметров контролируемого явления; синтезирование фотографий поверхности Земли и планет, полученных в различных участках спектра электромагнитного излучения, и многое другое выполняют большие комплексы специализированных ЭВМ — единственное средство, которое еще может бороться с морем информации из космоса.

Будущее космонавтики неминуемо связано с более широким использованием вычислительной техники на борту летательных аппаратов. В настоящее время функции ЭВМ на борту космического корабля ограничены решением простейших навигационных задач, да и то под неусыпным контролем с Земли. Все остальные необходимые для управления полетом расчеты выполняются наземным Центром управления. Со временем соотношение загрузки наземных и бортовых вычислительных комплексов должно измениться в пользу последних. Они будут самостоятельно проводить траекторные измерения и обрабатывать их, контролировать работу служебной и научной аппаратуры корабля, осуществлять медицинское обследование экипажа, уточнять программу полета, давать рекомендации по ее выполнению. Полет будет более автономным, экипаж более самостоятельным в оперативном планировании работ на корабле, выборе объектов исследований. На связь с Землей он будет выходить не через каждые полтора часа, а только при необходимости или в специально отведенный для этого «капитанский час».

То же произойдет и с научной информацией, получаемой в космосе. Если сейчас, например, автоматический спутник «Гоним» на Землю все, что попадает в поле зрения его приборов независимо от степени полезности информации, то создание специализированных вычислительных комплексов позволит выделять полезную информацию и обрабатывать ее прямо на орбите.

Скажет свое слово вычислительная техника и в дальнем космосе. Эпопея с советскими самодвижущимися лабораториями на Луне («Луноход-1» и «Луноход-2») показала, насколько сложно управление инопланетным транспортом. «Путевая» информация с Луны попадала к земному оператору с опозданием на 1,3 секунды. С такой же задержкой получает команду с Зем-

ли и лунный самоход, то есть управление ведется с запаздыванием более чем на две с половиной секунды. За это время луноход может удариться о камень, свалиться в расщелину или перевернуться, достигнув критического крена. Именно поэтому наши первые луноходы двигались как бы бросками: оценив обстановку на Луне, экипаж назначал курс и скорость дальнейшего движения и обязательно расстояние, преодолев которое, луноход немедленно останавливался.

Управлять по этой схеме марсоходом, значит больше стоять, нежели ехать. А при черепашьей скорости передвижения аппарата он мало чем будет отличаться от обычного посадочного блока. Выход тот же: марсоход несет на себе вычислительную машину, которая не только выполняет навигационные измерения, но и оценивает обстановку на трассе, выбирает режимы движения и объекты исследования, контролирует научную аппаратуру и результаты ее работы. На Землю поступают лишь самая необходимая информация, свидетельствующая о каких-либо отклонениях на борту, и научные результаты.

Таким образом, ЭВМ и не надо было, как говорят, пробивать себе дорогу в космос. Космонавтика сразу и навсегда включила их в арсенал своих средств, связала с ними свое настоящее и будущее.

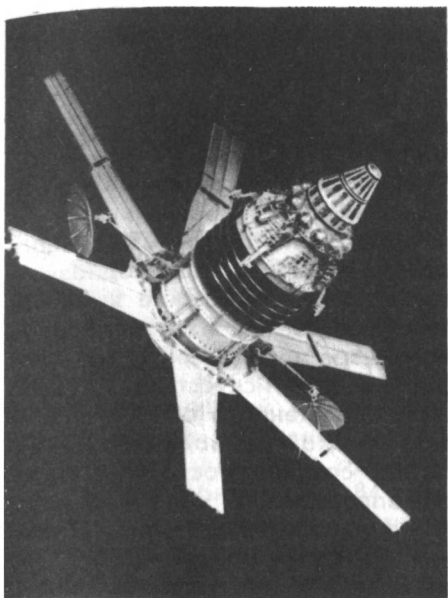
Космическая профессия ЭВМ обязывает их создателей искать пути совершенствования вычислительных машин в сторону снижения их массы, повышения надежности и быстродействия. Прогресс в космонавтике неотделим от прогресса в вычислительной технике. В этом — диалектика наших дней, когда сливаются воедино дела космические и дела земные.

КОСМОС — ЗЕМЛЕ

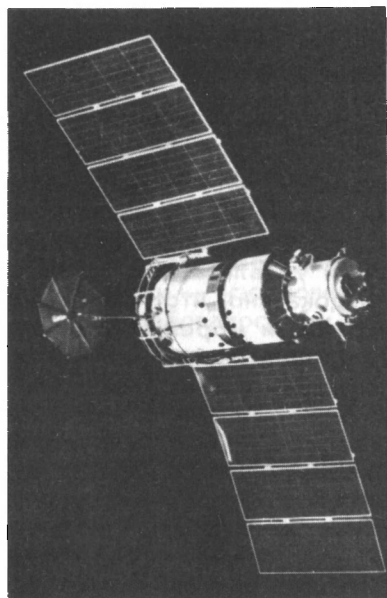
Поговорим о дивидендах

В 1980 году в нашей стране состоялись XXII летние Олимпийские игры. Два с половиной миллиарда человек на всех континентах стали «свидетелями» спортивных баталий. Трансляцию передач на отдаленные районы Советского Союза и стран Европы, Америки, Азии, Африки, Австралии обеспечивали 20 телевизионных и около 100 радиостудий. Трудно себе представить возможность проведения такого масштабного мероприятия без средств космической связи. Сколько надо было построить останкинских телевизионных башен, чтобы создать глобальную теле- и радиосвязь, и какие на это пошли бы средства? И были бы вообще возможны межконтинентальные телевизионные передачи?

Искусственные спутники Земли значительно упростили, а главное, удешевили решение проблемы. Именно благодаря спутникам оперативной телефонно-телеграфной связью сейчас охвачены все важнейшие промышленные и культурные цент-



Спутник связи «Молния»



Дозорный погоды

ры Советского Союза, а передачи Московского телевидения смотрят более 80 процентов населения страны, в том числе жители Крайнего Севера, Сибири, Средней Азии и Дальнего Востока.

Основанная в 1967 году система дальней космической связи «Орбита» насчитывает 90 приемных и передаточных станций. В последние годы на помощь традиционным спутникам связи «Молния» пришли ретрансляционные спутники «Радуга», «Экран», «Горизонт», размещаемые на так называемых стационарных орбитах и не требующие для работы с ними сложных поворотных антенн. Большая выходная мощность «Экрана» позволяет принимать его сигналы на упрощенные антенны коллективного пользования, которых сейчас в восточных районах страны имеется несколько сотен.

Предполагают, что трансляцию телевизионных передач на восточные районы Советского Союза без искусственных спутников можно было бы начать лишь в конце нашего столетия. Стоимость наземных средств достигла бы двух миллиардов, а их ежегодная эксплуатация обходилась бы в 400 миллионов рублей. По расчетам Министерства связи СССР, рентабельность применения спутников для нужд связи в два-три раза выше, чем строительство в тех же целях радиорелейных линий.

Система космической связи «Орбита» — яркий пример использования космической техники в народном хозяйстве.

Сравнительно новая функция системы связи — «передача» газет во многие крупные промышленные центры Сибири, в том числе в Новосибирск, Иркутск, Владивосток, Хабаровск.

Не менее убедительным примером использования космического пространства в повседневной практике служит создание спутниковой метеорологической системы, функционирующей в СССР с 1967 года. «Дедовские» методы метеорологического наблюдения, основанные на широкой сети наземных станций и постов (их только в Советском Союзе около 11 тысяч!), перестали удовлетворять требованиям времени. Сегодня однозначно доказано, что главной «кухней» погоды на Земле являются акватории морей и океанов, занимающие, как известно, более 70 процентов поверхности земного шара и, само собой, не контролируемые постами наблюдения. Только искусственные спутники Земли с их способностью одновременного обзора огромных территорий суши и океана и высокой периодичностью наблюдений обеспечивают выход из создавшегося положения. Оборудованные чувствительной аппаратурой, спутники «Метеор» поставляют круглосуточную информацию о состоянии облачного слоя (высоте, мощности, конфигурации и т. д.), о снежном покрове, температуре океана и поверхности Земли, ледовой обстановке в бассейнах Арктики и Антарктики.

А вот несколько цифр, свидетельствующих об экономической эффективности метеорологических наблюдений из космоса. Только за один виток спутник «Метеор» в состоянии собрать данные о температуре поверхности Земли и облачного слоя с одной пятой части планеты. Два спутника «Метеор» за сутки выдают такое же количество информации об атмосфере, какое получают все наземные станции мира за полгода. Прогнозы Гидрометеослужбы СССР, составленные при широком использовании космической информации, уже сейчас позволяют экономить огромные денежные средства. По подсчетам американских специалистов, только заблаговременное предупреждение о приближении тайфунов дает ежегодную экономию в 2,3 миллиарда долларов, а возможность точного прогнозирования погоды с помощью искусственных спутников хотя бы на три дня вперед дает экономический эффект в масштабе планеты в 60 миллиардов долларов в год.

Важность метеорологических наблюдений из космоса настолько велика, что несколько лет назад была создана мировая система сбора и обработки спутниковой метеоинформации. Два раза в сутки осуществляется прямая передача данных со спутников «Метеор» в международные метеорологические центры в Вашингтоне, Праге, Софии, Варшаве, Дели. Аналогичная информация передается по радио для всех заинтересованных государств, находящихся в пределах 4—5 тысяч километров.

Огромную и все возрастающую пользу народному хозяйству нашей страны приносит фотографирование земной поверхности с космической высоты. Первая фотография Земли,

сделанная Г. С. Титовым, имела скорее эмоциональное, нежели научное или практическое значение. В настоящее время информацией (и прежде всего фотографической) из космоса пользуются сотни организаций страны.

Выгоды космического фотографирования по сравнению с докосмическими методами изучения Земли очевидны. За пять минут съемки с орбиты выполняется работа, которую при съемке с самолета можно проделать лишь за два года, а геологическим партиям потребовалось бы восемьдесят лет. За один виток искусственный спутник Земли осматривает десять процентов поверхности земного шара, за сутки — всю поверхность; на эту работу за такой же срок потребовалось бы не менее тысячи самолетов.

Сами за себя говорят, например, следующие факты. За 60 лет исследований Ферганской долины геологи нанесли на карту полезных ископаемых 102 месторождения нефти и газа, а за три месяца работы одной из первых наших орбитальных станций было обнаружено 84 точки.

Экипажи орбитальной станции «Салют-4» отсняли 8,5 миллиона квадратных километров территории СССР; с борта «Салюта-5» — 65 миллионов; «Салюта-6» — свыше 100 миллионов квадратных километров суши и океана.

Подсчитано, что использование фотоинформации из космоса дает годовой экономический эффект для геологов до 40 миллионов рублей, при топографическом картировании — до 30 миллионов рублей, при нефтегазопромысловых работах — свыше 100 миллионов рублей. Ускорение темпов геологической разведки полезных ископаемых, таких, как нефть и газ, всего на 5 процентов принесет ежегодный выигрыш в 2 миллиарда рублей. Использование космических снимков способствует сокращению затрат на геологоразведочные работы не менее чем на 25—30 процентов.

Весьма важным преимуществом космической съемки является то, что в отличие от аэрофотосъемки она позволяет проследить крупномасштабные образования на поверхности Земли, а в некоторых случаях как бы рассмотреть глубинное строение земной коры. Например, установлено, что Уральский хребет заканчивается на многие сотни километров южнее, нежели считалось раньше. Было уточнено положение Древней Русской платформы в районе северного Прикаспия, Припятской и Днепровско-Донецкой впадин и других регионов. Уточнение строения земных образований помимо всего прочего дает полезную информацию и геологам. Именно такая информация позволила открыть новые месторождения нефти и газа в Белоруссии, Башкирии, на Украине, в Волгоградской области.

Неоценимую услугу оказывает космонавтика составителям природных карт различных районов страны (структурно-геологических, геоморфологических, почвенных, ландшафтных, карт грунтовых вод), требующих, как известно, периодических уточнений по истечении определенного времени.

Особую значимость космические снимки приобрели с введением так называемой многозональной съемки — одновременным фотографированием сразу в нескольких участках спектра электромагнитного излучения. С помощью такой съемки можно выявить тончайшие оттенки изучаемого явления, поэтому каждый снимок представляет интерес для многих специалистов одновременно.

Длительные экспедиции на «Салюте-6» доставили на Землю свыше 10 тысяч многозональных кадров, обработка и дешифровка которых займут месяцы и даже годы, однако уже сейчас можно не сомневаться в их огромной практической значимости для многих сфер деятельности человека на Земле.

С увеличением длительности пилотируемых полетов существенно возросла роль визуальных наблюдений с орбиты. Давно известно, что человеческий глаз способен различать сотни цветовых оттенков. При краткосрочных полетах глаз космонавта не успевал адаптироваться настолько, чтобы его можно было занести в число штатных научных «инструментов». В длительном полете космонавт начинает подмечать многое из того, что не поддается аппаратурному наблюдению. Вот почему визуальные наблюдения становятся самостоятельным пунктом программ пилотируемых полетов. К примеру, вторая экспедиция на «Салюте-6» в составе В. Коваленка и А. Иванченкова, выполняя задание океанологов, положила начало систематическим целенаправленным наблюдениям Мирового океана.

Изучение океана нужно не только для познания происходящих в нем процессов. Сегодня океан представляется одним из главных источников пищевых продуктов будущего, хранителем огромнейших запасов полезных ископаемых. Уже сейчас он обеспечивает около 20 процентов всех потребностей человечества в белках животного происхождения. С ростом народонаселения планеты эта цифра будет возрастать. Не оскудеет ли подводная кладовая от таких масштабов «освоения»? Главное в ответе на этот вопрос формулируется так: нужно оценить биологическую продуктивность Мирового океана и восстанавливаемость биомассы, научиться рационально пользоваться «дарами» природы, не нанося ей непоправимого ущерба.

Исходя из результатов наблюдений за океаном из космоса, было доказано, что рыбный промысел возможен не только в прибрежных шельфовых зонах, как считалось ранее, но и в открытых бассейнах. Причем, если поиски рыбы в океане осуществлять традиционными методами, то для увеличения улова рыбы в два раза потребуется увеличить в 12 раз количество поисковых судов, содержание которых обойдется почти в полмиллиарда рублей в год. А с одного спутника за один час можно получить информацию с 250 тысяч квадратных километров и определить на этой площади места скопления и интенсивность планктона, т. е. миграцию рыбы.

Однако помощь космонавтики морскому промыслу и судо-

ходству не ограничивается целеуказаниями с орбиты о местах скопления планктона. Наглядным примером использования космических средств в мореплавании стали памятные нам рейсы атомоходов «Сибирь» и «Арктика». При прокладке маршрута во льдах Северного Ледовитого океана широко применялись фотографии ледовых полей, полученные со спутников «Метеор». Координатная привязка судна на местности осуществлялась с помощью навигационного спутника, а связь кораблей с Большой землей обеспечивалась спутниками связи.

Своевременное обнаружение стихийных явлений, оповещение находящихся в океане судов и возможность выбора наиболее безопасных маршрутов экономят десятки процентов ходового времени. По данным ЮНЕСКО, спутники ежегодно спасают от катастроф около 400 морских и океанских судов. Сколько при этом спасается человеческих жизней! Переоценить значение такой информации трудно.

Еще одна важная сторона проблемы «Человек и океан» — это возможность разведки с помощью космических средств залегающих на дне морей и океанов запасов полезных ископаемых. Разразившийся в последние годы энергетический кризис, истощение минерального сырья особенно больно ударили по экономике стран с ограниченными запасами полезных ископаемых. Вместе с тем по самым осторожным оценкам на дне морей и океанов залегают миллиарды тонн различного сырья. Только в Тихом океане предполагается наличие 43 миллиардов тонн алюминия, 350 миллиардов тонн марганца, 8 миллиардов тонн меди, 15 миллиардов тонн никеля, 6 миллиардов тонн кобальта, многие миллиарды тонн железной руды, нефти, угля, миллиарды кубометров газа.

Совместная разработка океанских богатств немыслима без активного участия космических средств. Помимо обычных функций связи, навигации, штормового предупреждения и т. п. искусственные спутники Земли будут определять запасы морского зверя и рыбы, их восполнение, пути миграции животных. Спутники сыграют важную роль в регулировании морского и океанского лова, инспектировании деятельности государств в акватории Мирового океана, охране заповедных зон, контроле продвижения ледовых полей при эксплуатации морского дна, выявлении очагов загрязнений и т. д.

Вспомним о тружениках села, что им дает космос? Прежде всего надо сказать о тех же спутниках связи, благодаря которым Центральное телевидение приходит даже в самые небольшие и отдаленные поселки, и о спутниках метеорологического наблюдения. По расчетам американских специалистов, в результате долгосрочных прогнозов погоды в области сельского хозяйства США и стран Западной Европы экономится более 1,5 миллиарда долларов. Полная эффективность наблюдений из космоса в сельском хозяйстве США оценивается в 11 миллиардов долларов.

Опыт последних лет показывает, что из космоса можно определять мощность снежного покрова на полях, количество влаги, которую получит почва весной; получать данные о всхожести семян, степени созревания культур, масштабах заболевания растений и поражения их вредителями, отчего ежегодно теряется до 25—30 процентов урожая. Достигнутая точность дашифровки космических снимков позволяет уже в настоящее время подключать космонавтику к оперативному контролю севооборота.

Космонавтика находится на службе у лесоводов, животноводов, мелиораторов. На основе космических данных Краснодарский институт сельского хозяйства разработал ряд мер по борьбе с эрозией почв, обеспечивших 2,5 миллиона рублей экономии. Институт пустынь Туркменской академии наук составил карту пастбищ республики, содержащую полные сведения о типах и количестве растительности в Каракумах, что весьма важно для отгонного животноводства. В Каракалпакии космонавтика помогла обнаружить большие запасы пресной воды, которые теперь используются для оазисного земледелия. По свидетельству специалистов Госцентра «Природа» (а таких центров по обработке космической информации у нас несколько), оценка состояния лесов может дать экономический эффект в 70—100 тысяч рублей на один миллион гектаров обследуемой площади. И это все не прожекты, а реальные факты.

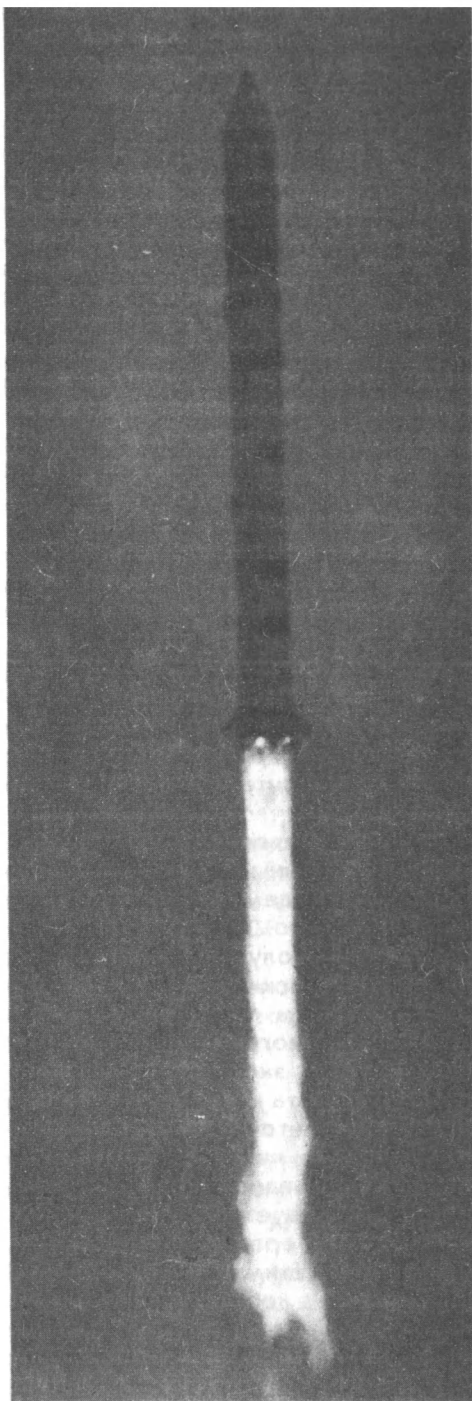
Если несколько лет назад наука только начинала поиски форм, методов и аппаратурных решений для использования космического пространства в интересах Земли, то сегодня информация только об освоенных земных профессиях космоса настолько обширна и разнообразна, что ни у кого не остается сомнений в целесообразности тех, в общем-то, немалых затрат, которые расходуются на космические полеты. Чего стоят, например, космическая технология, результаты которой достигли уровня промышленного использования, навигация, повысившая безопасность и эффективность мореплавания, охрана окружающей среды, представляющая ныне сложнейшую из проблем.

Говоря об освоении и практическом использовании космического пространства, нельзя не остановиться на том факте, что большинство решаемых космонавтикой задач носит глобальный, планетарный характер и таким образом представляет интерес для многих государств.

Кооперация стран в области космоса имеет богатую историю. Полтора десятка лет существует и успешно реализуется программа совместных космических исследований стран социалистического содружества «Интеркосмос». Свыше двадцати искусственных спутников Земли, несколько геофизических ракет, сотни совместных экспериментов в активе этой программы. В 1978—1981 годах состоялись совместные пилотируемые полеты экипажей из представителей социалистических стран.

Сейчас своих космонавтов имеют ЧССР, Польша, ГДР, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Куба, Монголия, Румыния.

Иногда можно услышать: представляют ли практическую значимость космические исследования для наших друзей по «Интеркосмосу»? Академик Б. Н. Петров отмечал несостоятельность такой постановки вопроса. Только на первый взгляд может показаться, что космос для этих стран — сфера более научных, нежели практических интересов, поскольку территории у них сравнительно небольшие, не такие большие масштабы хозяйствования, как в СССР. Первые же космические фотографии территории ГДР изменили представление геологов о строении северной части страны. В результате аэрокосмического зондирования территории Болгарии были обнаружены неизвестные ранее линейные и кольцевые структуры, которые, как предполагают, являются носителями различных полезных ископаемых. С 1968 года в Венгрии существует система приема с метеорологических спутников сведений о состоянии облач-



Старт очередного спутника
«Дружба»

ности, передаваемых непосредственно в международный аэропорт Будапешт — Ферихедь для информирования пилотов.

Продолжая мысль Б. Н. Петрова, необходимо сказать, что практическая заинтересованность в результатах космических исследований присуща всем участвующим в таких исследованиях странам. Это касается прежде всего таких областей человеческой деятельности, как геофизика, геология, геодезия, картографирование, гляциология, изучение океана и многих других, объединяемых в последнее время под общим названием — дистанционное зондирование Земли. И не случайно в 1975 году к существовавшим со времени основания программы «Интеркосмос» четырем основным направлениям совместных исследований прибавилось пятое — дистанционное зондирование с помощью аэрокосмических средств. И за истекшие годы социалистические страны достигли определенных успехов в этом направлении.

А разве наши друзья по «Интеркосмосу» могут обойтись без решения проблем метеорологии, навигации, природопользования, охраны окружающей среды? Все это нужно для управления любым современным хозяйством, тем более таким сложным многоотраслевым организмом, каковым становится взаимопроникающая экономика стран — членов Совета Экономической Взаимопомощи.

Готовясь к совместным пилотируемым полетам по программе «Интеркосмос», каждая страна — участница программы намечала эксперименты и исследования, соотносясь со своими научными интересами и практическими потребностями. И, как правило, значительная часть таких исследований преследовала чисто практические цели, например получение новых материалов в невесомости.

Проведенные на борту «Салюта-6» технологические эксперименты продемонстрировали принципиальную возможность, а главное, экономическую целесообразность работ в космосе по получению полупроводниковых элементов, пористых материалов, медицинских препаратов, что способно оказать огромную услугу многим отраслям народного хозяйства. В полете пятого международного экипажа (СССР — ВНР) был поставлен любопытный эксперимент по оценке влияния условий космического полета на выработку интерферона в человеческом организме и клеточной культуре. Интерферон — белок, который образуется в человеческом организме при заражении вирусом и встающий на сторону организма в борьбе с заболеванием: он препятствует размножению вируса и повышает сопротивляемость организма к инфекции. Культура ткани человека и химический стимулятор образования интерферона соединялись на орбите в общем приборе и начиналась выработка этого распространенного лекарственного препарата.

Результаты подобных исследований могут открыть новые перспективы производства многих высокоэффективных ле-

карственных веществ на борту космического летательного аппарата. И не исключено, что в недалеком будущем на витринах аптек социалистических стран появятся упаковки с маркой «Сделано в космосе». По ориентировочным оценкам специалистов, производство в космосе некоторых кристаллов, сплавов и других материалов даст к 1990 году прибыль от 5 до 50 миллиардов рублей.

В программу работ международных экипажей входили и визуальные наблюдения атмосферы, поверхности суши и моря, фотографирование отдельных природных явлений и образований. Из доставленных на Землю экипажами «Салюта-6» фотоматериалов тысячи многозональных снимков переданы ученым социалистических стран.

Задача запуска искусственного спутника Земли «Интеркосмос-20» — опробование разработанной специалистами Венгрии, ГДР, Чехословакии и Советского Союза экспериментальной системы сбора информации с автоматических буев, размещаемых на суше и на море, и передачи этой информации в центры обработки. Созданные для этой системы буи состоят как бы из двух частей. Первая — это стандартизованный радиоблок с памятью, вторая — собственно измерительные приборы, в задачу которых может входить измерение температуры воды, ее солености, скорости ветра, атмосферного давления, других параметров окружающей среды. Такие буи могут применяться не только в океанологии, но и в метеорологии, при обследовании вулканов, в сельском и лесном хозяйствах. Централизованный и при этом оперативный сбор информации с помощью спутников сулит огромный экономический эффект народному хозяйству социалистических стран.

Заканчивая этот краткий обзор прикладного значения космических исследований, хотелось бы привести еще одну цифру: ожидаемый суммарный эффект от использования космической техники в народном хозяйстве СССР в 1976—1990 годах составит более 10 миллиардов рублей.

Это ли не подтверждение пророчества основоположника космонавтики К. Э. Циолковского о том, что космос даст нам «горы хлеба и бездну могущества»!

КОСМОС — РАЗВИВАЮЩИМСЯ СТРАНАМ

Чем отличается развивающаяся страна от уже развитой? Тем, что у нее слабая промышленность и экономика в целом, не хватает квалифицированных кадров, низкий уровень образования и медицинского обслуживания, не развита энергетика. А что такое космонавтика? Это мощный стимулятор научно-технического прогресса. Вот и получается, что слаборазвитым странам космос более необходим, чем передовым.

Каким, например, путем, кроме космического, можно быстро ликвидировать неграмотность? Подсчитано, что при

организации обучения в мировом масштабе через космическое телевидение затраты на одного обучающегося составят всего один рубль в год!

Народности советского Крайнего Севера, несмотря на большую удаленность от культурных и промышленных центров страны, отсталыми не назовешь. Там развивается современная промышленность, налажена система образования и медицинского обслуживания, расцветает культура. Однако и для них появление космических средств связи означало качественно новый уровень развития. Спутниковая связь — это более эффективная система заочного образования, приобретения правовых, медицинских и политических знаний, это существенное повышение культурного уровня людей. Благодаря спутникам связи трудящимся Крайнего Севера своевременно передается метеорологическая и разнообразная служебная информация, а жители Сибири и Дальнего Востока получают московскую газету «Правда» одновременно с москвичами.

Какую же огромную пользу могли бы принести средства оперативной космической связи развивающимся странам! Скажем, при эпидемическом заболевании в Индии, где на 10 тысяч жителей приходится чуть более двух врачей (в СССР — около сорока), по телевидению можно рассказать населению о мерах профилактики, показать приемы оказания первой помощи и ухода за больными.

Двенадцать островов и стран Океании в течение ряда лет проводят пантихоокеанские экспериментальные исследования в области просвещения и связи, осуществляемые на основе американского спутника АТС-1. Огромная территория — более трети земного шара — с помощью недорогих наземных приемопередающих радиоустановок обеспечивается факсимильной передачей изображения рентгенограмм, электрокардиограмм и пр. Когда на островах Гилберта в 1977 году вспыхнула эпидемия холеры, через спутник была организована незамедлительная помощь врачей из Новой Зеландии, с Фиджи и из США. Регулярный обмен медицинской информацией по всей территории Океании с помощью спутников обеспечил успех в борьбе с вирусом денге. Конечно, для развивающихся стран такие системы связи чего-то стоят. Но при доленом участии в их создании затраты станут не такими уж большими.

Жителям бассейна Индийского океана, Центральной и Южной Америки лучше, чем кому бы то ни было, известны разрушительные последствия буйств природы — штормов, ураганов, тропических ливней, цунами, извержений вулканов. Около двухсот тысяч жизней своих собратьев отдает ежегодно человечество морю. А какой при этом наносится материальный ущерб! Только от тайфунов и только азиатские страны терпят урон в 50 миллиардов долларов в год.

Многого можно было бы избежать, если бы существовала система надежного обнаружения, прогнозирования и своевре-

менного оповещения о приближении опасных явлений природы. Роль поставщика информации в этом случае могла бы играть система глобального метеорологического наблюдения, способная несколько раз в сутки осматривать всю поверхность земного шара, определять температуру и влажность атмосферы, состояние облачности и водной поверхности, перемещения воздушных и водных масс. Используя эту же информацию, можно существенно повысить точность метеорологических прогнозов, что весьма важно для судоходства, морского промысла и в особенности сельского хозяйства развивающихся стран, являющихся в большинстве своем аграрными.

Существующие в Советском Союзе и Соединенных Штатах Америки спутниковые метеорологические системы уже неоднократно обнаруживали опасные явления природы в разных районах земного шара и «оповещали» об этом заинтересованные страны.

Американские специалисты предлагают создать систему из нескольких геофизических спутников, которые будут следить за сейсмической активностью на Земле. Первый спутник, преследующий такие цели, выведен на орбиту в 1972 году. Он подтвердил перспективность работ по прогнозированию сейсмической деятельности с космической высоты. Так, например, он предупредил население Гватемалы в 1976 году об извержении вулкана за шесть дней до его начала.

Наблюдения космонавтов, фотографирование поверхности Земли, особенно в нескольких зонах спектра электромагнитного излучения, позволили получить качественно новую информацию о явлениях и процессах на Земле. Именно со спутников в Пакистане были обнаружены новые залежи медной руды, в Неваде — неизвестные кратеры вулканов, в бассейне Амазонки — нигде не обозначенные острова (площадью целых 200 квадратных километров), на территории Ирана — новые озера. Спутники установили, в частности, что центр Гонконга на 240 метров не совпадает с точкой, обозначенной на современных картах, а некоторые притоки Амазонки имеют отклонения до 20—30 километров от их географических обозначений.

В значительной мере жизнь многих развивающихся стран зависит от запасов пресной воды. Уже сегодня ее нехватку ощущает на себе каждый пятый житель планеты, а к 2000 году пресная вода, по прогнозам, будет стоить так же дорого, как сегодня нефть. В то же время около 75 процентов всех пресных вод на Земле (не считая Антарктиды и Гренландии) заморожено в горных ледниках. Изучить состояние ледников, их поведение, а также проблемы использования ледниковой воды в крупных масштабах в промышленности и сельском хозяйстве под силу только космическим средствам...

С борта советской станции «Салют-6» проведено детальное обследование ледников в различных районах земного шара с составлением по просьбе ЮНЕСКО атласа ледников ми-

ра. Более сорока раз советские космонавты фотографировали оледенение Южных Анд. По доставленным на Землю снимкам ученые установили, что, несмотря на большое количество осадков в горах Патагонии, большая часть ледников этого региона сокращается, хотя и были отмечены случаи приращення площади ледников до нескольких квадратных километров в год. В течение долгого времени ученые считали, что в аргентинских Кордильерах ледники также отступают. Однако наблюдения космонавтов показали, что они пульсируют — периодически ледяные языки сползают в горные озера или растапливаются под лучами солнца.

С борта американской станции «Скайлэб» осуществлялся поиск термически активных точек на Земле. Помимо США, Франции и Италии в поле зрения астронавтов находились территории Мексики, Эквадора, Перу. Использование геотермальных вод — один из путей удовлетворения нужд развивающихся стран в части энергоснабжения собственными силами. Относительная простота геотермальных установок, высокая экономичность их использования, практическое отсутствие загрязнения окружающей среды привлекли в последние годы к этой проблеме даже страны, обладающие большим энергетическим потенциалом. Например, на советском полуострове Камчатка создаются установки, использующие тепло земных недр.

В странах африканского континента американские астронавты фотографировали участки, пораженные засухой и саранчой, предпринимали попытки обнаружения подповерхностных вод для орошаемого земледелия. Наблюдались вулканы, состояние лесов и сельскохозяйственных посевов, производился поиск полезных ископаемых. Были сняты также районы Мексики, пострадавшие незадолго до этого от самого крупного в истории страны землетрясения.

По мнению американского профессора Генри О. Томпсона, искусственные спутники Земли способны вызвать революцию в археологии. Особенно это ценно для таких регионов, как Африка и Латинская Америка, с богатым историческим прошлым. С высоты 500 километров хорошо видны следы древних поселений, русел оросительных каналов, военных укреплений.

Для развивающихся стран, в большинстве из которых численность народонаселения растет особенно быстро, проблема питания остается наиболее важной — от 400 до 500 миллионов жителей этих стран голодают. Поэтому, как уже говорилось в предыдущем разделе, человечество все чаще обращает свой взор к океану — одному из богатейших источников белковой продукции. И здесь помощь искусственных спутников Земли неопределима.

Учитывая большую важность для хозяйственной деятельности развивающихся стран результатов наблюдений из космо-

са, в 1977 году Советский Союз через Организацию Объединенных Наций заявил о своей готовности поставить достижения советской космической техники на службу мировому сообществу, а именно о готовности сотрудничать с заинтересованными странами в проведении космической съемки их территорий и передаче им полученных данных.

Видя несомненную пользу космических исследований, многие развивающиеся страны в той или иной форме к ним подключаются. В середине 60-х годов Советский Союз совместно с другими странами помог Индии создать ракетный полигон в Тхумбу для проведения метеорологических исследований. Изучение верхней атмосферы проводилось с помощью советских приборов, устанавливаемых на французских ракетах. С 1970 года отсюда проводятся пуски советских метеорокетов М-100, сначала с помощью советских специалистов, а теперь индийскими специалистами самостоятельно. В апреле 1975 года Советский Союз запустил первый индийский научный спутник «Ариабата», а в 1979 и в 1981 годах — еще два спутника, созданные в Индии, — «Бхаскара» и «Бхаскара-2». Программа спутников «Бхаскара» преследовала уже практические цели — оценку национальных природных ресурсов. В 1980—1981 годах с космодрома Шрихарикота уже собственной ракетой Индия запустила два экспериментальных спутника «Рохини», а затем французской ракетой вывела на орбиту спутник связи «Эппл». Продолжаются работы советских и индийских специалистов по изучению природных ресурсов Индии, а в советском Центре подготовки космонавтов уже появились представители этой страны.

Индийские ученые понимают, что космонавтика — это одно из основных направлений научно-технического прогресса. Нельзя находиться на передовых рубежах технического прогресса, не овладев приемами современной технологии, не достигнув космических стандартов точности, надежности, долговечности, не воспитав целую плеяду высококвалифицированных специалистов. А все это способствует укреплению экономического, научного и технического потенциалов страны.

Готовят свои национальные программы Бразилия и Аргентина. В частности, Бразилия предусматривает в ближайшие годы запуск своего первого метеорологического спутника, аппаратура для которого в основном будет разработана национальными центрами.

...На заре космической эры академик С. П. Королев говорил, что проникновение в космическое пространство нельзя рассматривать как прихоть одного человека или кучки людей. Космос — это необходимый логический шаг в развитии земной цивилизации, подготовленный всем ходом человеческой истории. Годы космической эры со всей убедительностью подтвердили правильность этого шага, показали несомненную пользу космических исследований в интересах науки и прак-

тической деятельности. Рано или поздно к этой непреложной истине придут все государства и народности, все сообщество землян.

«САЛЮТ» НА ОРБИТЕ

С орбитальными станциями «Салют» связана целая эпоха в освоении нашей страной космического пространства. К ним мы шли долгие годы, начиная с первого «Востока», через групповые и длительные полеты кораблей, экспериментальную орбитальную станцию. Они, наши «Салюты», полностью подтвердили свою рентабельность и еще далеко не исчерпали своих возможностей. «Салют» — это машина сегодняшнего дня. Она же — наш форпост в космосе на ближайшие годы.

С созданием орбитальных станций «Салют» наша космонавтика вышла, как мы теперь говорим, на рубеж практической отдачи. Это значит, что те затраты, которые расходуются на космические полеты, начинают окупаться. Это значит, что космонавтика становится отраслью экономики страны.

Мы привели уже немало убедительных примеров того, как наши «Салюты» помогают народному хозяйству. И вряд ли имеет смысл повторяться в этом разделе. Здесь мы напомним только один, но весьма показательный факт.

По фотографиям полуострова Мангышлак, выполненным с борта «Салюта-3» П. Поповичем и Ю. Артюхиным, обнаружены новые залежи нефти и газа, открыты мощные запасы



Советские и французские космонавты на борту «Салюта-7»

пресных вод. В районе Каспийского моря выявлено ряд перспективных газо- и нефтеносных структур, обнаружено несколько месторождений полиметаллических руд. Выборочное геологическое бурение для проверки этих данных показало, что точность космического прогноза оказалась гораздо более высокой, чем результаты наземной разведки.

Но П. Попович и Ю. Артюхин были в космосе всего две недели. А пять основных экипажей «Салюта-6» провели на орбите более 22 месяцев. Они несколько сот часов провели у иллюминаторов станции по программе визуальных наблюдений. Сколько же полезной информации доставили они на Землю!

Исследуя фотографии земной поверхности — цветные, черно-белые, в инфракрасных лучах, крупномасштабные и с большим разрешением и сравнивая их с данными спектрометрических и радиометрических наблюдений, сегодня изучают складки нашей планеты, состояние земных пород, процессы, происходящие в коре и мантии Земли. Такая информация, естественно, не дает сразу адресов подземных кладовых, но в сочетании с традиционными средствами, как мы убедились, значительно повышает эффективность геологического поиска.

Наблюдения с борта «Салютов» дали возможность получить исчерпывающее представление о водных ресурсах планеты, разрабатывать научные рекомендации по их рациональному расходованию, прослеживать динамику размыва русел рек, изменение очертаний береговых линий внутренних и открытых морей, добывать другую гидрологическую информацию.

Пролетая над поверхностью Земли и океанов, экипажи орбитальных станций прослеживают границы снега и льда, анализируют состояние льдов в морях и океанах, отмечают каналы и зоны излома ледовых полей, ищут коридоры для прохода караванов судов, предупреждают моряков о надвигающихся штормах и ураганах, указывают наиболее безопасные пути.

Результаты зондирования Земли с борта орбитальных станций стали исходными материалами в проектно-исследовательских работах при прокладке крупных линейных сооружений, например, нефте- и газопроводов, связывающих Западную Сибирь и европейскую часть нашей страны; при проектировании десяти гидроэлектростанций на Кавказе, Тянь-Шане, Памире и других районах; для сейсмического районирования в гражданском и промышленном строительстве на юге и юго-востоке страны. Космические фотографии широко используются при изучении экологии Западной Сибири, а также районов трассы Байкало-Амурской магистрали.

Неоценимую услугу оказывает съемка с орбиты геодезистам и картографам. Благодаря ей существенно повысилась

точность геодезической сети, привязка материков и отдельных островов. Космические съемки как нельзя лучше помогают увязывать между собой тысячи авиационных фотографий поверхности Земли.

Довольны результатами работы «Салютов» и космические металлурги, использующие уникальные условия орбитального полета для изучения физики невесомости, выращивания кристаллов, создания новых композитных материалов. Особенно плодотворными стали исследования и эксперименты на борту «Салюта-6» на установках «Сплав» и «Кристалл». Интенсификация «металлургического цеха» этой станции свидетельствует о возросшей заинтересованности специалистов на Земле в результатах космического производства, о том, что получаемые на орбите образцы уже сейчас выходят на рубеж промышленного использования.

Уникальная технологическая операция по нанесению покрытий методом напыления в вакууме выполнялась обоими экипажами «Салюта-4». А на борту «Салюта-6» на установке «Испаритель» такие работы были продолжены — выполнены сотни операций по напылению различных материалов на различные подкладки. Эту операцию можно смело отнести к «заделу» для будущих орбитальных работ, хотя уже и в состоявшихся полетах она способствовала восстановлению одного из приборов (главного телескопа станции).

Много полезной информации доставляют теперь космонавты океанологам, биологам и врачам, работникам сельского и лесного хозяйств, транспортникам.

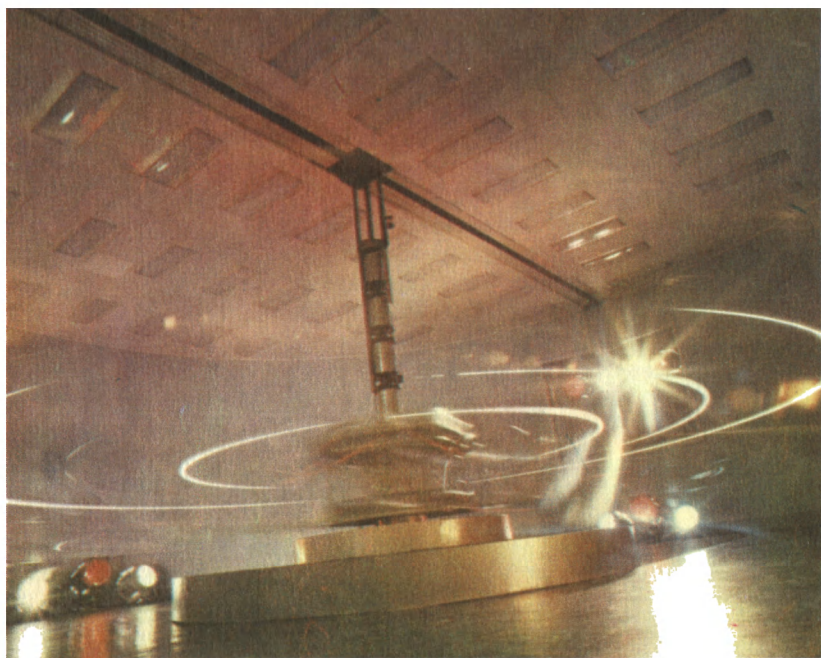
Но, как говорится, не хлебом единым жив человек. Значительная часть рабочего времени экипажей отводится изучению верхней атмосферы Земли, космического пространства, Солнца, звезд, межпланетной среды.

— Полноте,— скажет читатель,— так ли уж важно получить информацию из какой-то немыслимой дали от, возможно, несуществующей уже звезды? И что нам до Солнца, когда на Земле еще так много дел?

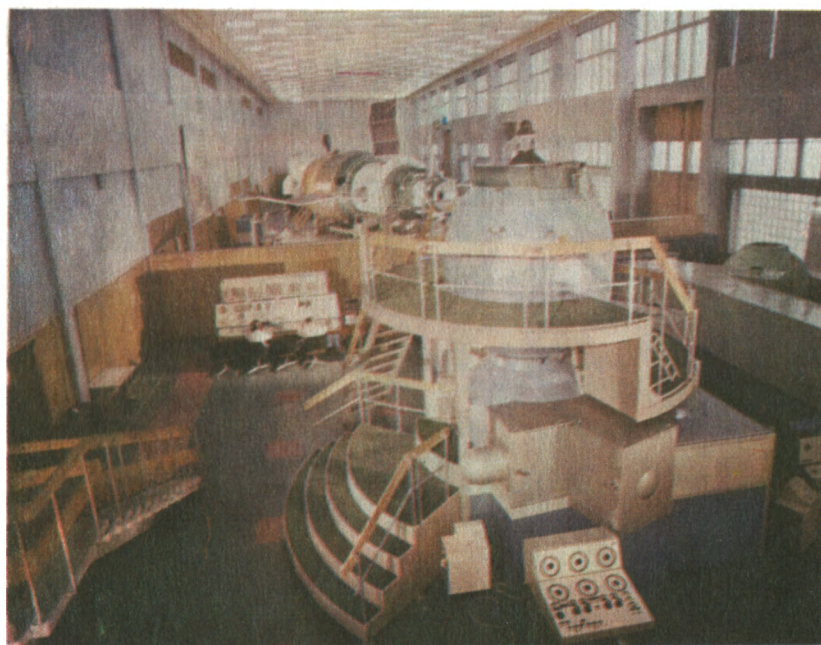
Давайте посмотрим. Вам пообещали на завтра солнечную безветренную погоду и вы засобирались на лоно природы. А наутро — моросящий, убивающий своей настойчивостью и однообразием дождь. Не торопитесь призывать громы и молнии на головы синоптиков: просто Солнце внесло коррективы в свой и без того непостоянный характер... Вы проснулись с плохим настроением, чувствуете себя разбитым, уставшим. Ищите причины вашего недуга, но не исключайте из их числа Солнца. Да что там погода или самочувствие! Солнцу мы обязаны обилием или, наоборот, скудностью нашего стола, всевозможными стихийными бедствиями. От его «работы» зависят режимы водных бассейнов и эффективность дорогостоящих гидротехнических сооружений. Да и сама жизнь на Земле была бы невозможна без Солнца.



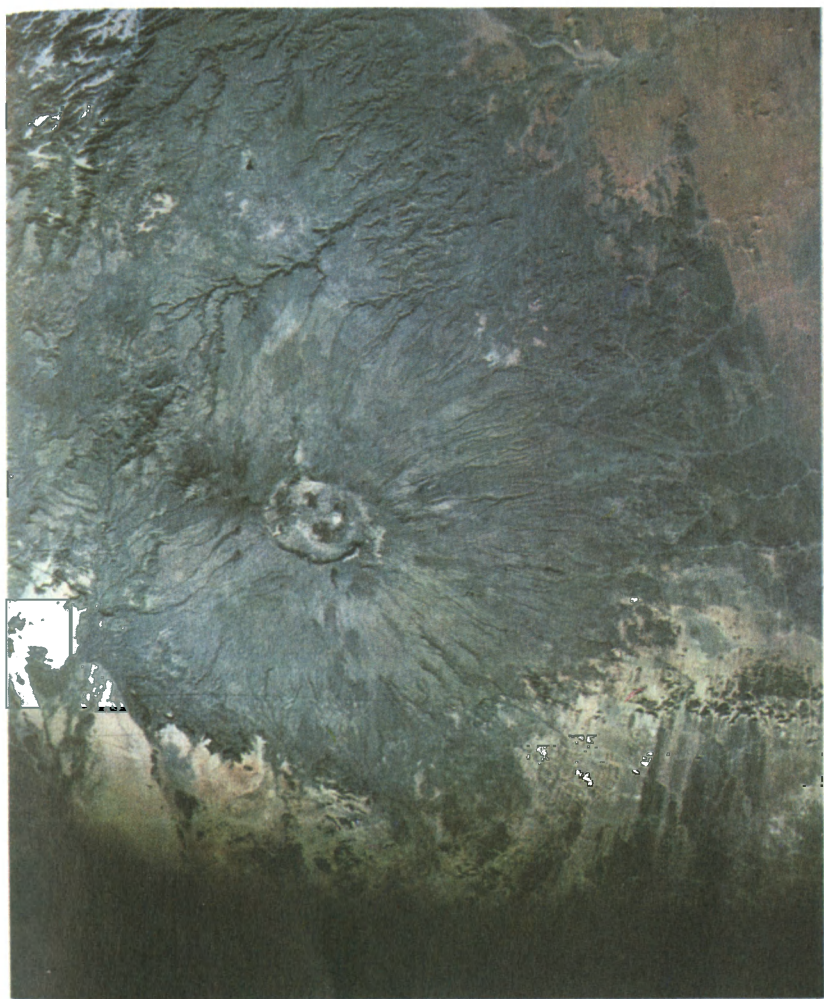
Памятник Ю. Гагарину в Звездном городке



Центрифуга



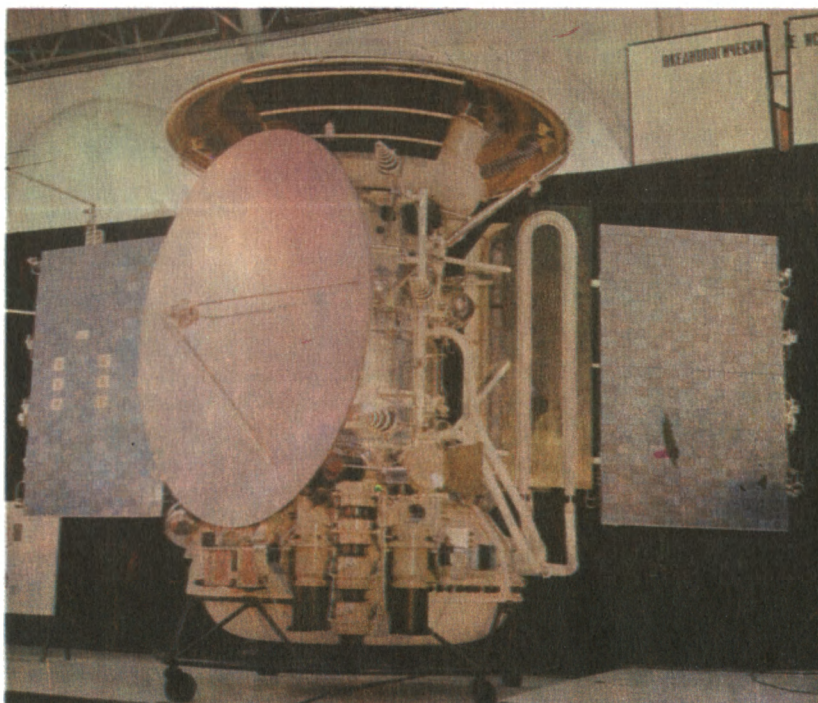
Зал тренажеров Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина



Земля с орбиты



Станция космической связи «Орбита»



Автоматическая межпланетная станция «Марс»



Ракета «Интеркосмос» готовится к старту



**Флаги стран — участниц программы
«Интеркосмос» на космодроме**

Изучение Солнца наземными обсерваториями связано с целым рядом подчас непреодолимых трудностей. Потоки солнечной плазмы на пути к нам сталкиваются с мощным магнитным полем Земли, и значительная часть заряженных частиц, следуя за магнитными силовыми линиями, обтекает Землю. Частицы более высоких энергий преодолевают магнитный барьер, но здесь их встречает не менее мощная преграда — атмосфера Земли. Таким образом, информация, получаемая земным наблюдателем, свидетельствует скорее о результатах взаимодействия солнечного ветра с земным окружением, нежели о самом Солнце.

Создание космической техники дало мощный толчок развитию внеатмосферной астрономии. Но на космическом корабле многого не разместишь. Разве уместится, например, в «Союзе» орбитальный солнечный телескоп ОСТ-1 или большой субмиллиметровый телескоп БСТ-1М, когда размеры этих, с позволения сказать, приборов достигают нескольких метров? На «Салютах» же они прекрасно вписываются в интерьер рабочего отсека, и без них работа на станции, да и сами станции выглядели бы скучнее.

ОСТ-1 — сложное оптикомеханическое сооружение, требует для своей работы очень точной стабилизации положения станции в пространстве, но зато позволяет вести наблюдения не просто Солнца, а отдельных, даже незначительных образований на нем. Наблюдения велись методом съемки на спектрограф. Станция разворачивалась таким образом, чтобы в щель прибора попадал очень тонкий участок Солнца, содержащий наблюдаемое образование. Изображение каждой точки Солнца вдоль щели разлагалось в спектр. В результате получался как бы поперечный разрез изучаемого образования.

Телескоп БСТ-1М позволяет регистрировать излучения земной атмосферы, Луны и далеких звезд в субмиллиметровом диапазоне длин волн. При этом его приемное устройство для ослабления искажений охлаждается криогенным термостатом почти до абсолютного нуля.

Большие телескопы «Салюта-4» и «Салюта-6» не сделали сенсационных открытий в науке о Солнце и далеких галактиках. Но сотни спектрограмм, доставленные экипажами станций на Землю, — неоценимый вклад в дело накопления фактического материала, на котором, как известно, строится всякая наука.

Или взять исследования рентгеновских источников излучения, выполненные на «Салюте-4». На сегодняшний день таких источников в окружающем нас пространстве вместе с Солнцем известно уже немало. Тем не менее они по-прежнему остаются загадкой для науки. По мнению одних ученых, это «умирающие» звезды, другие, наоборот, считают их молодыми образованиями, третьи — относят к особому классу звезд. По мере накопления фактического материала представления об этих

источниках уточняются, а иногда и меняются на прямо противоположные. Например, источник в созвездии Скорпиона долгое время считался самым близким к нам, затем он (почему-то) существенно «удалился» и лишь в самое последнее время его «водворили» на прежнее место.

Исследования в области рентгеновской астрономии требуют длительной работы и целого набора различных астрофизических инструментов. На «Салюте-4» было размещено сразу несколько рентгеновских телескопов. Один из них — зеркальный рентгеновский телескоп РТ-4 — регистрировал так называемое «мягкое» излучение (с длиной волны выше 40 ангстрем). Этим прибором выполнялись наблюдения конкретных источников рентгеновского излучения. Второй телескоп — «Филин» — представлял собой набор пропорциональных счетчиков. Он регистрировал излучения и в «мягком» и в стандартном (от 1 до 10 ангстрем) диапазонах длин волн и в отличие от РТ-4 мог просматривать целые участки неба в поисках новых источников рентгеновского излучения.

Но не только научные или народнохозяйственные исследования выполняются на борту «Салютов». Большой объем работ проводится и в интересах собственно космической техники. Проверяется эффективность новых научных приборов и бортового оборудования. Совершенствуются взаимоотношения в системе человек — машина. Расширяются возможности оператора-космонавта и исследовательские возможности самих станций.

Наш первенец «Салют-1» имел четыре панели солнечных батарей, работа которых требовала периодической закрутки станции на Солнце. Это отвлекало не только космонавтов, но и саму станцию от выполнения научных экспериментов, требовало дополнительных запасов бортового топлива. На последних «Салютах» панелей стало меньше — всего три, а их площадь была увеличена. Все панели поворотные, сами отслеживают Солнце независимо от положения станции в пространстве.

На «Салюте-4» впервые был отработан самоконтроль параметров орбиты. Его выполняла установленная на станции система автономной навигации «Дельта», призванная сократить непроизводительное время космонавтов. Система включает радиовысотомер для измерения высоты станции над поверхностью Земли в строго определенные промежутки времени, астродатчики сферического обзора для фиксации моментов восхода и захода Солнца, то есть периода обращения станции. Просчитывая результаты измерений, бортовая вычислительная машина выдает параметры орбиты (апогей, перигей, наклонение, период обращения), время зоны радиовидимости на следующий виток, данные о работе двигателей для выполнения того или иного разворота. Раньше весь этот объем работ выполнялся наземным командно-измеритель-

ным комплексом, и результаты измерений передавались космонавтам по радио.

Устанавливаются теперь на «Салютах» и телетайпы «Строка». Все, что Земля намерена сообщить космонавтам, передается по радио и печатается на ленте на борту станции. Адресат в это время может спокойно заниматься своими делами или отдыхать, а уловив свободную минуту, прочитает ленту.

Блестяще выдержала испытания на «Салютах» установка для регенерации воды на орбите, позволяющая значительно сократить потребные запасы воды в длительных космических полетах. Установка конденсирует влагу из атмосферы жилых отсеков станции, удаляет вредные для человеческого организма примеси, одновременно восстанавливая вкусовые свойства конденсата. Эту воду космонавты использовали не только для бытовых нужд, но и для питья, утверждая, что она ничем не отличается от обычной.

Длительно действующие орбитальные станции — это не только совершенные бортовые системы и уникальное научное оборудование. Это и сам человек, подвергающийся воздействию невесомости. Именно невесомость является пока основным барьером на пути к дальним полетам. Надо ли говорить, какое внимание уделяется медико-биологическому обеспечению экипажей орбитальных станций.

Поиск форм и методов борьбы с невесомостью еще долго будет оставаться задачей номер один. Но, если сравнить, например, состояние В. Севастьянова после 18-суточного полета на «Союзе-9» и В. Рюмина после 185-суточного полета на «Салюте-6», то можно с уверенностью говорить об эффективности профилактических средств, применяемых на станциях «Салют».

Значительное место в программе каждой орбитальной станции занимают биологические исследования. Возможно ли создание тех самых космических оранжерей, о которых писал основоположник космонавтики К. Э. Циолковский и которые, по его мнению, призваны служить пищей и поставщиком кислорода в длительном полете? Как влияет невесомость на различные биологические объекты, на их развитие и наследственные признаки?

В поисках ответов на все эти вопросы на борту «Салютов» выращиваются многие виды растений, проводятся эксперименты по разведению водных видов, выполняются исследования с культурой ткани и мухами-дрозофилами. И хотя космические биологи еще далеки от создания в космосе экологически замкнутых систем, полученная информация позволяет надеяться, что и эта проблема из проблем будет успешно решена и мы сможем отправиться не только к ближним, но и дальним планетам Солнечной системы.

В этом коротком разделе мы рассказали лишь о части работ, выполняемых в полетах орбитальных станций «Салют».

На самом деле их каждый раз насчитывается сотни. Но даже беглого рассказа, видимо, достаточно для того, чтобы оценить масштабность и важность проводимых «Салютами» работ, убедиться в правильности выбранного пути на создание длительно действующих орбитальных станций со сменяемыми экипажами.

«Салют» на орбите — это новые сведения из далеких галактик и околоземного космического пространства; это информация о состоянии земной атмосферы и ледового покрова океанов; это целеуказания караванам судов и разведчикам недр, пастухам и пожарникам, лесоводам и землепашцам.

«Салют» на орбите — это новые гипотезы и открытия, новые шаги в непрекращающейся поступи человека к познанию мира. И если вы завтра услышите: на орбите новый «Салют», пожелайте ему долгой жизни, а его экипажу плодотворной работы и благополучного возвращения на Землю.

ОХРАНА СРЕДЫ И КОСМОНАВТИКА

Пожалуй, одной из важнейших задач космонавтики является охрана окружающей среды — всего того, чем мы живем и чем мы дышим, и что со все возрастающей очевидностью нуждается в защите.

С тех пор, как древние греки объявили, что Земля круглая, а великие мореплаватели Колумб и Магеллан доказали, что это действительно так, в мире не было сделано более важного географического открытия, чем то, в справедливости которого мы начинаем убеждаться сейчас: наша планета необычайно маленькая. Так, выражаясь словами знаменитого мореплавателя Тура Хейердала, можно сформулировать первый вклад космонавтики в проблему окружающей среды.

«Земля мала! Землю надо беречь!» — этот обращенный к человечеству возглас Юрия Гагарина прозвучал призывом беречь прекрасный уголок Вселенной — нашу голубую планету, беречь не только от кошмара термоядерной войны, но и от беспардонного поведения на ней царя природы.

Бездонное небо, бескрайний океан... С появлением космонавтики некоторые словосочетания навсегда утратили свое прежнее значение. В самом деле, основная часть атмосферы Земли сосредоточена в ее приземном слое до высот в 30—40 километров. Если для наглядности представить Землю в масштабе одной десятиллионной, то полутораметровый шар Земли окажется окаймленным всего лишь 3—4-миллиметровой (!) полой атмосферой. И под этими «миллиметрами» бьется жизнь, обитает разумное и вместе с тем такое хрупкое создание — человек. Эти «миллиметры» обеспечивают все живое кислородом воздуха и формируют погоду и климат на Земле. В этих «миллиметрах» совсем уже тончайшей пленкой со-

держится озон, оберегающий жизнь на Земле от губительного воздействия ультрафиолетового излучения космоса. С каким же благоговением и трепетом должны мы относиться к этому бесценному дару природы — земной атмосфере, осознав ее вопиюще малые размеры!

В конце февраля 1978 года жители Подмосковья, а возможно, и других районов (такая картина, в общем-то, перестала быть редкостью) могли наблюдать свежевывапавший снег, имеющий против обыкновения землисто-серый оттенок. К ослепительно белому снегу примешалась изрядная порция пыли — свидетельство того, что где-то в другом районе земного шара чуть-чуть поубавилось плодородия. С ростом народонаселения планеты увеличиваются площади возделываемых земель. В погоне за урожаем и, уповая на удобрения, земледельцы не всегда заботятся о качестве возделывания почв. В результате огромные площади земель подвержены эрозии — плодородный слой вымывается дождями, уносится в атмосферу ветрами. Только в Соединенных Штатах Америки потери плодородного слоя достигают 4 миллиардов тонн ежегодно. Поднятая на большие высоты воздушными потоками почва запыляет атмосферу. Существенную добавку в загрязнение атмосферы вносят промышленные дымы. В результате меняется состав, оптические и теплофизические свойства воздушного океана, а следовательно, погодные и климатические условия на Земле.

С понятием о парниковом эффекте мы все хорошо знакомы по репортажам о полетах АМС серии «Венера». Атмосфера нашей соседки по космосу, как известно, на 97 процентов состоит из углекислого газа. Этот газ имеет свойство пропускать солнечный (коротковолновый) свет и задерживать отраженное планетой тепловое (длинноволновое) излучение, рефлектировать его обратно. В результате температура атмосферы на Венере раскалена почти до 500 градусов. Но это где-то там, на далекой Венере. А у нас?

В прошлом климатологи спорили о том, как скоро наступит следующий ледниковый период и насколько сильное влияние на земную погоду оказывает Солнце. Сейчас ученые всего мира начинают приходить к мысли об уже развивающемся процессе, который может стать опасным для человечества не через тысячи и миллионы лет, а в обозримом будущем: климат на земном шаре меняется, и это изменение происходит под воздействием человека. В грозящем изменении климата повинны четыре с половиной миллиарда людей, которые отапливают свои жилища, вырабатывают электроэнергию, пользуются транспортом, заставляют работать промышленные предприятия. Все они способствуют тому, чтобы уже в течение ближайших десятилетий Земля превратилась в огромную теплицу с возможным катастрофическим эффектом: энергетический баланс Земли изменится, температура на ней будет постепенно повышаться.

Ученые считают, что вокруг Земли (как вокруг Венеры) постепенно образуется слой углекислого газа, покрывающий ее подобно стеклянному колпаку — результат сгорания огромных количеств (до 450 миллиардов условных тонн в год) дерева, угля, газа, нефти. Например, каждый автомобиль при среднем годовом пробеге в 15 тысяч километров «выдыхает» 3250 килограммов углекислого газа, около 93 килограммов углеводорода и 27 килограммов окислов азота. А сколько в мире автомобилей? Дело усугубляется еще и соответствующими по масштабам тепловыделениями вследствие сгорания этих количеств топлива, а также работы транспорта, промышленных предприятий. И вот один, может быть, самый мрачный прогноз: в течение двух-трех десятилетий средняя температура в северном полушарии может повыситься более чем на один градус, и уже это будет иметь тяжелые последствия. Плодородные до сих пор районы превратились бы в засушливые, а расположенные дальше к северу зоны, на которые повышение температуры оказало бы благотворное воздействие, не могли бы компенсировать потерь. Огромные земельные массивы под влиянием изменения климата становились бы бесплодными, что повлекло бы за собой голод, массовую нищету, переселение народов. Удвоение содержания углекислого газа в атмосфере (а при нынешнем потреблении топлива и росте населения этого следует ожидать примерно через 50 лет) повлечет за собой повышение средней температуры в умеренных зонах на 3 градуса и увеличение выпадения осадков на 7 процентов. К 2200 году температура во всем мире повысится на 6 градусов, и на Земле установится климат, подобный существовавшему 70—100 миллионов лет назад в так называемую мезозойскую эру, когда Земля была населена динозаврами. И такое положение сохранилось бы минимум тысячу лет.

Существуют, безусловно, и более оптимистичные прогнозы. Однако возможные последствия накопления углекислого газа для климата не могут не настораживать. Некоторые ученые, например, не исключают необходимости того, чтобы человечество в течение ближайших 50 лет окончательно отказалось от природного топлива. Все эти последствия, считают они, могут наступить значительно раньше, если люди не перестанут кроме углекислого газа выпускать в атмосферу так называемые микрогазы, и в первую очередь фтористый углеводород, поскольку эти газы в еще большей мере действуют как рефлектор излучаемого Землей тепла.

Несомненный ущерб наносит цивилизация озоновому слою атмосферы. При всех своих неприятных свойствах (газ сильно ядовит и агрессивен) озон обладает способностью интенсивно поглощать солнечную радиацию, в частности ультрафиолетовое излучение, которое губительно действует на все живое на Земле. Вследствие высокой химической активности озона биологический щит нашей планеты — озоновый слой — весьма

чувствителен к малейшим накоплениям в атмосфере загрязняющих веществ. Озон сгорает в двигателях самолетов стратосферной авиации, вступает во взаимодействие с выхлопными газами. Определенный ущерб озонной защите наносят уничтожающие ее термоядерные взрывы, а также накапливающийся в последние годы в атмосфере молекулярный фреон — рабочее тело холодильных установок и кондиционеров.

Как видим, пути разрушения воздушной оболочки планеты и неконтролируемого воздействия на погоду и климат Земли весьма многочисленны, а последствия такого воздействия — трудно предсказуемы. И только космонавтика с ее способностью глобального и одномоментного охвата значительной части поверхности Земли и масс воздушного океана в состоянии оценить степень опасности. Именно космические исследования указали на увеличение содержания углекислого газа в земной атмосфере на 13 процентов по сравнению с началом эры индустриализации.

Космонавты с орбиты изучают состав атмосферы и степень ее загрязнения (возьмите хотя бы полеты экипажей на борту «Салют-6 и 7»), прослеживают динамику протекающих в атмосфере процессов и источники загрязнений — промышленные предприятия, эрозию почв, извержения вулканов. И такие исследования с орбиты ведутся регулярно.

Многогранна деятельность человека на Земле, многообразны и побочные плоды этой деятельности. В июне 1977 года в одну из римских больниц было доставлено 11 человек с признаками отравления. Спустя некоторое время трое из них умерли. Причиной отравления явилась рыба («морской черт»), прошедшая после поимки все экспертные и таможенные досмотры. Рыба оказалась зараженной невротоксином — ядом, который проникает в мозг не через кровь, как обычно, а по нервным волокнам. В США зарегистрировано 26 случаев поражения невротоксином, в результате пострадало 148 человек. В 1973 году в штате Мичиган от попадания ядохимикатов в корм для скота погибло 23 700 голов крупного рогатого скота, 4600 свиней, 1400 овец, 2 миллиона цыплят... Более 10 процентов обезьян в японских заповедниках рождаются уродами... Современные ядохимикаты обнаружены в мясе пингинов Антарктиды, в мозге полярных медведей, в жире полярных китов, в женском молоке.

— Стоп! — вправе сказать читатель. — Может, все это и убедительно. Но при чем же здесь космонавтика?

Слов нет, искусственный спутник Земли не в состоянии схватить за руку браконьера или нерадивого хозяйственника. Но вооружившись новейшими методами и средствами наблюдений с орбиты, можно оценить хозяйственную деятельность человека в комплексе, привлечь внимание общественности к проявлениям бесхозяйственного или местнического отношения

к природе, убедить правительства в необходимости принятия мер по охране окружающей среды.

А сделать последнее не так-то просто. Несколько лет назад в Монте-Карло состоялся международный colloquium, посвященный проблемам защиты от загрязнений Средиземного моря, на котором с отчетом о своем путешествии на яхте «Калипсо» выступил Жак-Ив Кусто. Встреча, в которой приняли участие делегации правительств 16 стран средиземноморского бассейна, закончилась более чем безрезультатно. Жак-Иву Кусто было даже запрещено публиковать данные своих наблюдений. В 1979 году 18 стран этого региона предприняли новую попытку оценить размеры бедствия. Но, как писали потом газеты, диагноз будет готов лишь через несколько лет, и еще большее количество лет потребуется на излечение Средиземного моря, если таковое окажется возможным. А пока Средиземное море по-прежнему остается конечным пунктом следования многих загрязняющих веществ разной «национальной» принадлежности.

Космонавтика в состоянии обнаружить и локальные источники загрязнений. Космонавты неоднократно фотографировали промышленные дымы, различные водоемы, устья рек, степные и лесные пожары и т. п. Особенно действенным средством при этом оказалась широко осваиваемая сейчас многозональная съемка, позволяющая уловить мельчайшие оттенки изучаемого явления.

Огромную заботу об охране окружающей среды проявляют Советский Союз и другие страны социалистического содружества. Окружающая среда в СССР взята под защиту основного закона страны — нашей Конституции. Совсем недавно на базе Гидрометеослужбы СССР создан Государственный комитет гидрометеорологии и контроля природной среды. В Польше нерадивые руководители промышленных предприятий подвергаются штрафу. В Болгарии вопросы защиты среды входят в планы министерств, ведомств и предприятий.

Но, к сожалению, еще не все правительства прониклись мыслью о необходимости срочных предупредительных мер. Тем временем уже быют тревогу в разных уголках планеты. Рейн, который служит источником питьевой воды для 20 миллионов швейцарцев, немцев, французов и голландцев, превратился в «сточную канаву Европы». Итальянская река Ламбро мертва. Взятый в некоторых местах этой реки стакан воды, насыщенной цианистой солью, способен моментально убить слона. Рыба, пущенная в ее воду, умирает быстрее, чем вытаскнутая из воды... Ежедневно в окружающую среду попадает почти миллиард фунтов химикатов. Бескрайний зеленый океан джунглей бассейна реки Амазонки менее чем через тридцать лет превратится в безжизненную пустыню. Сделанные с ИСЗ фотографии показали, что только в 1975 году в бассейне Амазонки леса вырублены на площади 100 тысяч

квадратных километров. Вследствие беспрепятственной выруб-ки лесов значительные районы северо-западной Индии стано-вятся похожими на лунную поверхность. Огромные лесные массивы вырублены в районе Средиземного моря. Всего же на земном шаре ежегодно исчезают 16 миллионов гектаров «зе-леного друга»... 15 процентов сельскохозяйственной земли мира серьезно страдает от эрозии... На южной границе Сахары за последние 50 лет 650 тысяч квадратных километров пахотных земель и лугов превратились в пустыню, а во всем мире пустыня ежегодно пожирает 50 тысяч квадратных кило-метров...

Главный виновник и создатель пустынь — человек. Ста-раясь побольше получить от земли, чтобы увеличить свои до-ходы или просто выжить, человек в конце концов делает землю бесплодной, причем иногда безвозвратно. Беспорядочная ирригация, чрезмерный выпас скота, вырубка лесов, слишком интенсивное земледелие — таковы действия, служащие перво-причиной наступления пустынь. Усиленное окультуривание природы, продолжающееся расселение людей, возрастающее загрязнение среды, а также пропагандируемый в качестве отдыха массовый туризм на лоне природы — все это пожирает остатки природы, уменьшает разнообразие ее видов, подрывает ее генетическую основу.

Выходит, что цивилизация распоряжается на Земле не самым лучшим образом. Рациональное же ведение хозяйства потребует внедрения во все отрасли человеческой деятельности достижений многих наук, прежде всего космонавтики. С борта космических аппаратов можно определить готовность отдель-ных пастбищ к выгону скота и подготовку почвы к посеву, наметить рациональные сроки и районы вырубки леса, свое-временно обнаружить лесные пожары и поражение леса вреди-телями, разведать новые источники пресной или слабо соленой воды и способ их дренажа; изучить экологическую обстановку в районах с орошаемыми землями, найти разумную схему орошения; наметить экологически оправданные маршруты но-вых дорог и места сооружения плотин; рекомендовать пути прокладки новых лесозащитных полос, размеры и место-расположение заповедных зон.

Со временем космонавтика поможет вынести за пределы Земли особенно вредные и загрязняющие производства, обе-спечить человечество электроэнергией за счет даровой энер-гии Солнца, сократив тем самым сжигание огромных коли-честв топлива на Земле.

В последние годы будущее человечества все чаще свя-зывают с океаном. Выше уже говорилось о полезных ископае-мых, залегающих на дне морей и океанов, о несметных косяках рыбы и других морских животных, пригодных в пищу человеку, о запасах пресной воды.

Вместе с тем океан как среда нейтральная, то есть

находящаяся вне юрисдикции какого-либо из государств, особенно уязвим. В настоящее время в мире очень мало рек, которые не транспортировали бы в океан не растворяющиеся в воде химические вещества вместе с городскими промышленными и сельскохозяйственными отходами. Во всем мире в моря и океаны сброшено 500 миллионов килограммов ДДТ, и этот яд продолжает сбрасываться по 50 миллионов килограммов в год (в СССР использование ДДТ запрещено). Общее мировое производство инсектицидов составляет 700 миллионов килограммов в год, и большая часть этих веществ рано или поздно попадает в океан с помощью ветра, дождя или с грунтовыми водами. Когда где-то вдали от океанского побережья человек опыляет ядохимикатом плодовое дерево, его рассуждения предельно просты: убью вредителей, получу урожай. Ему и в голову не приходит, что пройдет какое-то время, и этот химикат окажется в утробе криля в далекой Антарктиде, которого, если он к тому времени не погибнет от отравления, подадут к обеденному столу.

Вследствие катастроф с танкерами ежегодно в море выливается около 450 миллионов литров нефти. Не меньшее количество нефти попадает в океан и при нормальном судоходстве. В течение 43 из 54 дней плавания на «Ра-2» Тур Хейердал видел вблизи лодки пятна нефти...

Превратившись в мировую свалку, океан и по сей день остается местом захоронения ядерных отходов и отравляющих газов. Контейнеры с этими веществами со временем стареют, разбиваются морем. В Балтийском море (средняя глубина моря около 80 метров) лет сорок назад было сброшено 7000 тонн мышьяка в контейнерах из цемента. Сейчас эти контейнеры начинают разрушаться, а их содержимое втрое больше того, которого было бы достаточно для уничтожения всего населения земного шара. Огромное количество контейнеров с радиоактивными промышленными отходами затоплено в Атлантическом океане (США), в Ирландском море (Англия), в Восточной Атлантике (ФРГ, Бельгия, Франция).

Такое отношение к океану приводит к его серьезному загрязнению, нарушает экологическое равновесие. Гибнут морские организмы, рыба становится непригодной к употреблению. Стали встречаться киты с залепленными нефтью усами. В Карибском море были замечены акулы, у которых челюсти и зубы почернели от нефти. У водоплавающей птицы склеиваются крылья, и она погибает.

Огромную потенциальную опасность для океана таит в себе начинающаяся эксплуатация природных ресурсов дна океанов (сейчас, например, уже ведется добыча нефти в Мексиканском заливе и Северном море). Помимо обычных загрязнений, собственных всякому горнорудному или нефтедобывающему производству, в океан могут попадать невиданные

количества нефти и газа. Тот же Мексиканский залив осенью 1979 года стал «ареной крупнейшей экологической катастрофы» в истории нефтеразведки (в результате аварии на буровой установке имел место выброс нефти в море, нанесший серьезный ущерб флоре и фауне района катастрофы, а также сотням километров пляжей Соединенных Штатов Америки). При бурении же в арктических водах непредсказуемое движение льда может помешать заткнуть скважину, и нефть или газ в течение долгих зимних месяцев будет попадать под лед.

Какую же помощь может оказать океану космическая техника? На космонавтику здесь могут быть возложены такие задачи, как оценка степени загрязнения водного бассейна и определение опасных районов; изучение течений для установления возможных последствий локальных загрязнений; установление причин и источников загрязнений; своевременное предупреждение об опасности, скажем, о приближении нефтяной пленки к пляжам, лежбищам морских зверей, птичьим базарам; исполнение координирующих функций при организации морского промысла и многое другое. Космонавтика позволит перенести место захоронения радиоактивных отходов со дна океанов в космос.

Охрана среды — проблема комплексная. Мы рассмотрели здесь лишь некоторые аспекты воздействия человека на природу. Но в более широком плане, вероятно, правомерна и обратная постановка задачи — защита человека от окружающей среды и прежде всего от него самого. А нюансов здесь тоже достаточно. Например, воздействие на здоровье человека тех самых химикатов, которые мы выбрасываем в окружающую среду (одних пестицидов сейчас выпускается в мире около 50 000 наименований!).

...

Природа щедра. Она дарит человеку пищу и воду, свет и тепло, радость существования... Многие в этом разделе может показаться преждевременным и даже спорным. Приводимый цифровой и фактический материал заимствован в основном из иностранных источников без проверки достоверности этих данных.

Но о неблагодарном отношении человека к природе говорит сама действительность: 146 видов птиц и 106 видов млекопитающих считаются навсегда утраченными для земной фауны. И самое тревожное то, что процесс исчезновения животных и растений все ускоряется. За последние сто лет вымерло в два раза больше представителей птиц и млекопитающих, чем за всю историю человечества. В международ-

ную Красную книгу сегодня внесено 687 видов животных и сотни растений — все они находятся на грани исчезновения. И в этом прямо или косвенно повинен человек.

«Человек, к сожалению, не всегда задумывается над последствиями своего хозяйственного рвения,— писала недавно газета «Правда».— Над тем, например, что химия не только исцеляет. Что, высушив болото, мы, возможно, более утратим, чем приобретем. Перепаханные бульдозерами гнездовья, перерезанные дорогами звериные тропы...» И далее: «Беречь природу надо, больше того, ей пора помочь».

Терпение природы не беспредельно. Всякий необдуманный шаг человека незамедлительно дает о себе знать. И дилемма сегодняшнего дня формулируется примерно так: или человек начнет относиться к природе по-хозяйски, или в конце концов он будет жить на голой Земле. Природа требует гармонии. И в соблюдении этой гармонии между деятельностью человека и окружающей средой решающая роль будет принадлежать космонавтике.

С НАУЧНЫМ БАГАЖОМ НА ЗЕМЛЮ

ДОМОЯ

Говорят: дорога домой короче. И, вероятно, по земным меркам это так. Позади успешно выполненная, сложная и ответственная работа, впереди — встреча с родными и друзьями, заслуженный отдых.

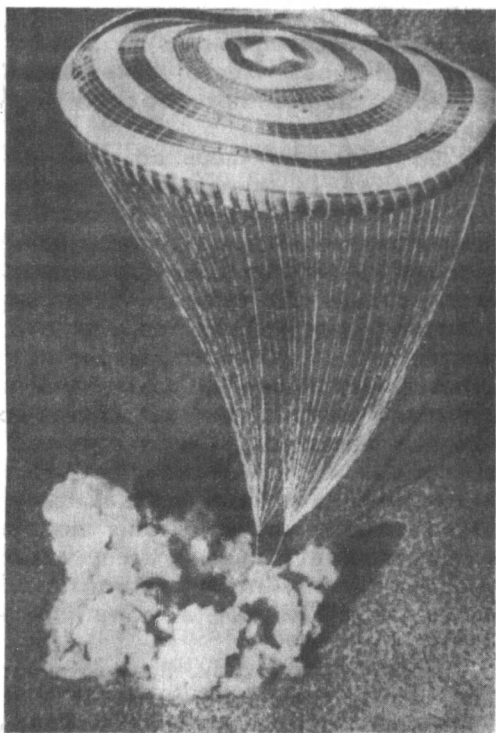
Лишь с большой натяжкой можно применить эту народную мудрость к дорогам космическим. В самом деле, время выведения корабля на орбиту, как правило, не превышает и десятка минут, время же спуска космонавтов с орбиты приближается к часу. Но это — чисто формальное сопоставление. Если же, хотя бы и вкратце, познакомиться с технической стороной дороги «обратно», то станет ясно, почему возвращение корабля на Землю считается одним из самых ответственных этапов любого космического рейса.

Итак, экипаж на орбите. Идет подготовка к завершению полета.

Моменты включения тормозной двигательной установки и соответственно приземления спускаемого аппарата обычно известны еще до запуска космического корабля на орбиту, ибо они не могут быть произвольно заданы. Надо, чтобы предпосадочные витки корабля «захватывали» как можно большее число наземных станций слежения, обеспечивая активное участие Центра управления полетом в проверке бортовых систем корабля. Надо, чтобы определенная часть посадочного витка проходила над освещенной поверхностью Земли, что необходимо для визуальной проверки ориентации корабля

перед включением двигательной установки на торможение. Надо, чтобы корабль приземлился не где-нибудь, а в конкретно и заранее заданной точке земной поверхности, где его уже ожидают, при этом в светлое время суток, чтобы облегчить работу поисково - спасательного комплекса. Надо, чтобы работа тормозного двигателя корабля была четко зафиксирована измерительным пунктом (обычно плавучим), то есть чтобы корабль в это время находился в конкретной точке космического пространства в зоне радиовидимости измерительного пункта. Таких «надо» набирается множество. И чтобы избежать ошибок, вполне возможных при стольких ограничениях, время посадки корабля назначается и всесторонне проигрывается заранее. На случай же незапланированного прекращения полета (например, по причине неисправности корабля) на каждые полетные сутки предусматриваются основной и резервный посадочные витки.

Но вернемся на борт корабля. Известно, что подготовку к возвращению на Землю экипаж начинает с первого дня орбитального полета. С одной стороны — это подготовка организма к встрече с земной тяжестью, а именно, поддержание физического состояния на высоком уровне с помощью ежедневных физических упражнений и ношения нагрузочных костюмов в процессе полета и специальных солевых процедур и вакуумной камеры в предпосадочные дни. С другой стороны — это транспортировка и размещение в спускаемом аппарате космического корабля результатов исследований, отснятой фото- и киноплёнки, различных документов. Чтобы сохранить заданную центровку корабля (что, безусловно, важно при вы-



Космический финиш

полнении динамических операций и особенно при спуске)/ каждому возвращаемому на Землю предмету предусмотрено свое «штатное» место. Окончательная ревизия и упаковка научного багажа производится непосредственно перед посадкой.

За несколько часов до включения двигательной установки на торможение экипаж убеждается в работоспособности всех систем корабля — энергоснабжения, обеспечения жизнедеятельности, ориентации и управления движением и т. д. Но особенно важен контроль тормозного двигателя вплоть до его кратковременного (на несколько секунд) включения.

После перехода экипажа в спускаемый аппарат и закрытия переходного люка проверяется герметичность спускаемого аппарата по падению давления в нем в течение заданного времени. Для этого на крышке переходного люка создается перепад давления за счет частичного сброса в открытый космос атмосферы из примыкающего к спускаемому аппарату отсека. Аналогично для проверки скафандров космонавтов при закрытых гермошлемах в них подается избыточное давление, превышающее давление в спускаемом аппарате на несколько десятков миллиметров ртутного столба. Следуют непрерывные доклады на Землю, а обратно — на борт — уточнения, рекомендации.

На борту порядок. Все готово к спуску. Готовы к приему экипажа и наземные службы обеспечения полета. Заняли исходные позиции средства поисково-спасательного комплекса. Командно-измерительный комплекс выполнил необходимые траекторные измерения и уточнения баллистических параметров спуска. Сверены данные экипажа и Центра управления полетом. В систему управления космическим кораблем вводятся так называемые программные уставки, регламентирующие дальнейшую работу его систем — ориентацию, включение и выключение двигателя.

На предпосадочном витке корабль разворачивается «кормой» вперед и, запомнив свое положение в пространстве, уходит на последний виток. Требуемую ориентацию корабля сейчас обеспечивает так называемая инерциальная система ориентации, использующая комплект гироскопов и в случае отклонения корабля от заданного положения выдающая команды на включение соответствующих микродвигателей. В начале посадочного витка, то есть незадолго до торможения, экипаж окончательно проверяет правильность ориентации корабля. Для этого космонавтам достаточно посмотреть в визир и по «бегу» Земли (из-под наблюдателя) убедиться в том, что тормозной двигатель корабля выставлен строго против движения. Только в этом случае будет обеспечен расчетный режим торможения. Если же перед началом торможения или в процессе его произойдет потеря ориентации, корабль может не затормозиться до требуемой скорости, уйти куда-нибудь в сто-

рону от расчетной посадочной трассы, а то и вовсе выйти на новую (даже более высокую) орбиту.

И вот, наконец, наступает долгожданный момент. По команде программно-временного устройства открываются клапаны пуска тормозного двигателя...

В печати нередко можно встретить, что после торможения космического корабля траектория его дальнейшего полета «упирается» в посадочный район земной поверхности. Это не совсем так. В организации посадки аппарата на планету решающую роль играет наличие (или отсутствие) на ней атмосферы. Например, посадка на Луну, как известно, не имеющую атмосферы, существенно отличается от доставки аппарата на поверхность Венеры. Бортовой двигатель лунной машины должен погасить всю кинетическую энергию подлета к Луне, обеспечив практически нулевую скорость соприкосновения аппарата с ее поверхностью. Но если первая космическая скорость для Луны составляет 1,68 километра в секунду (именно ее мы должны погасить в лунном десанте), то околоземная орбитальная скорость — это почти 8 километров в секунду! Неимоверно больших запасов топлива потребовалось бы космическому кораблю при возвращении на Землю, не будь на ней столь плотной атмосферы, да и сам пилотируемый полет в этом случае оказался бы проблематичным. Именно земная атмосфера берет на себя львиную долю (более 98 процентов) энергозатрат по гашению орбитальной скорости полета. Задача же тормозного двигателя более скромная — погасить немногим более ста метров в секунду и, таким образом, вывести корабль на новую орбиту, которая прошла бы (идеальный случай — в перигее) через плотные слои атмосферы. Все остальное довершит атмосфера. Затормозив аппарат, она искривит траекторию его полета, сделает ее почти отвесной, и только тогда можно будет сказать, что траектория «упирается» в район посадки. Но это будет чуть позже, а пока...

Космонавтов слегка прижимает к ложементам кресел. Слышится ровный гул тормозного двигателя. Ориентация устойчивая. Главное сейчас — своевременная отсечка. Преждевременное выключение тормозной двигательной установки приведет к тому, что корабль, не дотормозившись, останется в космосе на более низкой орбите или все-таки войдет в атмосферу, но приземлится уже не там, где его ожидают. Это может оказаться и пустыня Африки, и горные массивы Азии, и бескрайние просторы Тихого, Индийского или Атлантического океана. Возможны и другие, промежуточные варианты, когда контакт с плотной атмосферой произойдет не на посадочном, а на одном из последующих витков, но также с непредсказуемым районом приземления. Переработка тормозного двигателя корабля станет причиной, наоборот, более крутого входа спускаемого аппарата в атмосферу Земли, больших перегрузок и, само собой, приземления в нерасчетном

районе. Именно из-за особой ответственности участка торможения на некоторых космических кораблях (например, на «Союзе») тормозная двигательная установка дублируется, и если основная установка по каким-то причинам не разовьет необходимой тяги или ее выключение окажется досрочным, в работу немедленно включается дублер.

В нашей посадке все включается и выключается вовремя. Бортовой интегратор выдал команду, и шум за бортом затих. Теперь около четверти часа — свободный полет. Измерительные пункты уточняют данные участка торможения, подтверждают штатный режим посадки. Можно идти дальше — отделить спускаемый аппарат от других, ставших уже ненужными, отсеков корабля и двигательной установки. По команде программно-временного устройства срабатывают пирозамки, и корабль «распадается на части». Предметом дальнейшей заботы людей на Земле и в космосе остается спускаемый аппарат. Учитывая огромную ответственность операции по разделению отсеков, в системе разделения обычно предусматривают дублирование и даже троирование, используя тепловые датчики, датчики перегрузок и пр.

Мысль о возвращении на Землю только самого необходимого — космонавтов и результатов научных наблюдений в космосе — явилась в свое время крупной инженерной находкой, во многом определившей облик и самых первых, и современных, и, возможно, будущих космических кораблей. Дело в том, что при входе в плотные слои атмосферы на поверхности аппарата может развиваться температура до шести и более тысяч градусов. Такого «теплого удара» не выдерживают применяемые металлы и конструкционные материалы. И если не принять необходимых защитных мер, через несколько мгновений от аппарата могут остаться, как говорится, лишь воспоминания. В качестве защитного средства в данном случае выступают так называемые абляционные покрытия. Это специального состава обмазка, наносимая на поверхность аппарата и воспринимающая на себя практически всю тепловую нагрузку торможения. Сгорая сама (испаряясь), она создает газовую завесу между раскаленной атмосферой и материалом конструкции, предохраняя таким образом последнюю от разрушения. Однако всю поверхность космического корабля покрыть таким составом невозможно — масса теплозащитного экрана «съела» бы всю полезную нагрузку. Выделение же в составе корабля кабины космонавтов (спускаемого аппарата), в которой стартует на орбиту и возвращается на Землю экипаж, решает проблему — поверхность кабины космонавтов значительно меньше поверхности всего корабля.

В борьбе за массу полезного груза конструкторы пошли еще дальше: теплозащитная обмазка наносится не на всю поверхность спускаемого аппарата, а на ту ее часть, которой

аппарат войдет в атмосферу. А чтобы в процессе аэродинамического торможения под раскаленную плазму случайно не попало незащищенное место, конструкция аппарата обеспечивает его автоматическую стабилизацию за счет смещения центра масс всех элементов (включая экипаж) относительно геометрического центра аппарата, как бы по принципу широко известной детской игрушки «неваляшки».

Завершается участок свободного полета. Загорание транспаранта «Атмосфера» извещает космонавтов о появлении начальных перегрузок. За стеклом иллюминаторов появляются отдельные языки, а затем сплошное гудящее пламя. По закопченным стеклам иллюминаторов ползут змейки расплавленного металла. Оплавляются антенны, различные датчики. Плазменная оболочка вокруг спускаемого аппарата временно лишает экипаж связи с Землей. Дышать становится труднее. Огромные нагрузки наваливаются на космонавтов, вдавливая их в кресла. При баллистическом спуске перегрузки могут достигать 8—10 единиц. Это значит, что в 8—10 раз увеличивается вес каждого члена экипажа. Кресла в спускаемом аппарате размещены так, что космонавты ориентированы спиной к набегающему потоку.

Влияние перегрузок на организм человека достаточно хорошо было изучено еще в докосмическую эпоху. И давно известно, что перегрузка в сторону головы или ног переносится наиболее тяжело. Кровь приливает к голове или, наоборот, отливает от нее, возможны временная утрата зрения, обморочное состояние, потеря сознания. В направлении же грудь — спина перегрузки переносятся легче.

Внимательный читатель, наверно, обратил внимание на то, что при обмене космическими кораблями на орбите (такая операция неоднократно выполнялась в полете орбитальной станции «Салют-6») экипажи забирают с собой и кресла, в которых они стартовали на орбиту. Переносятся, конечно, не сами кресла, а вкладыши кресел, изготавливаемые индивидуально по телу каждого космонавта. Такой «индивидуальный» подход обеспечивает плотное прилегание спины космонавта к поверхности вкладыша и, следовательно, равномерное распределение нагрузки на поверхности тела, что позволяет избежать местных нарушений ткани наподобие пролежней у тяжелобольных.

Наконец, перегрузки начинают слабеть. Спускаемый аппарат по-прежнему встряхивает (этот участок космонавты называют «булжником»), изредка разворачивает по крену. Слышно «сопение» двигателей системы управления спуском. Отслеживая траекторию спуска, бортовая автоматика с помощью газореактивных сопел управляет креном спускаемого аппарата, смещая тем самым в нужную сторону его центр тяжести. Аппарат изменяет положение относительно набегающего потока, то зарываясь в него, то, наоборот, приподни-

маясь в нем, оставаясь в усредненном своем движении на оптимальной расчетной траектории.

Спускаемый аппарат первого пилотируемого корабля «Восток» имел форму шара, который, как известно, не обладает аэродинамическим качеством, т. е. при входе в атмосферу он вел себя как свободно падающее пассивное тело, снижаясь по баллистической траектории. Спускаемые аппараты современных космических кораблей обладают аэродинамическим качеством, хотя и небольшим (по сравнению с самолетами). Например, у американского «Аполлона» форма аппарата конусообразная, у советского корабля «Союз» — ближе к форме автомобильной фары. Такие геометрические тела при некотором смещении относительно оси симметрии их центра тяжести, взаимодействуя с потоком воздуха, испытывают определенную подъемную силу. Это позволяет сделать спуск как бы более пологим, управлять дальностью полета, снизить воздействие на аппарат и его экипаж перегрузки. Однако схема управления посадкой несколько усложняется.

Завершается участок аэродинамического торможения. Высота аппарата над поверхностью Земли около 10 километров, скорость 150 метров в секунду. По сигналу датчиков перегрузок сбрасывается крышка парашютной системы и над спускаемым аппаратом вспыхивает стабилизирующая лента.

При возвращении космических аппаратов на Землю обычно применяются многокаскадные парашютные системы. Они могут включать стабилизирующий парашют для успокоения спускаемого аппарата, тормозной парашют для дополнительного гашения скорости, вытяжной — для введения в действие основного парашюта, с огромным усилием впрессованного в контейнер, и, наконец, основной парашют площадью в сотни и даже тысячи квадратных метров. Для большей надежности парашютная система, как правило, дублируется.

Сильный рывок от раскрывшегося купола является для экипажа свидетельством того, что самое трудное — осталось позади.

Откинута гермошлема. Идет оживленный радиодialog с Центром управления полетом. Космонавты устанавливают радиоконтакт с самолетами и вертолетами поисково-спасательного комплекса, барражирующими над районом приземления. Открываются дыхательные клапаны, и в кабину врываются запахи Земли. Отстреливается теперь уже ненужный теплозащитный экран. Уменьшается масса спускаемого аппарата, а вместе с этим и скорость его снижения на парашюте. При сбросе экрана открываются твердотопливные двигатели мягкой посадки, призванные снизить ударные нагрузки при приземлении. У кораблей «Союз» на участке парашютирования осуществляется так называемая перецепка парашюта на симметрическую подвеску. Необходимость такой операции обусловлена компоновочной схемой спускаемого аппарата — сме-



Всё! Дома!

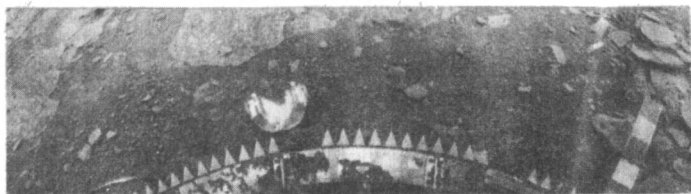
щенным относительно оси симметрии аппарата расположением парашютного контейнера. После перецепки аппарат принимает строго вертикальное положение.

Взводится система амортизации кресел экипажа. В полутора метрах от поверхности Земли по сигналу высотомера срабатывают двигатели мягкой посадки. Последний толчок — и аппарат на Земле. Отстреливаются стрёنگи парашюта — чтобы при сильном ветре аппарат не потащило. Открывается крышка выходного люка. Крепкие объятия, цветы, поздравления. Первое «спасибо» обгоревшей конструкции.

Всё! Дома!

КОСМОНАВТИКА В ПОЗНАНИИ ВСЕЛЕННОЙ

Какими бы эпитетами — большой, огромный и т. п. — мы ни пытались охарактеризовать вклад космонавтики в процесс познания Вселенной, все равно будем далеки от истинной оценки роли космических исследований, которую они сразу же стали играть во всей нашей жизни, в нашем сознании, мировоззрении. Ибо выход человека в космическое пространство означал нечто большее, нежели простое расширение сферы его деятельности. Он означал вступление земной цивилизации в качественно новую фазу ее развития — космическую.



На поверхности раскаленной Венеры

Человек не прикован больше к своей колыбели — Земле. В процессе длительного исторического развития он нашел пути и средства достижения космических скоростей, неизмеримо расширив пределы своего влияния и увеличив тем самым свою власть над силами природы.

Выйдя в просторы Вселенной, люди воочию убедились, насколько все-таки мала наша планета, прониклись ответственностью за судьбу этого маленького оазиса в бездонном холодном космосе и общностью интересов в решении судеб, возможно, уникального творения природы — человеческой цивилизации. Земля прекрасна, если жить на ней в мире, но слишком мала, чтобы подвергать ее угрозе опустошительной войны. Это стало, пожалуй, первым, непреходящим по своему социальному значению открытием космонавтики.

Но космонавтика способствовала бурному расцвету традиционных фундаментальных и прикладных наук, вызвала к жизни огромное количество новых. Полученная за годы космической эры информация углубила, дополнила, а где-то и в корне изменила наши представления об окружающем нас мире — Земле, Луне, планетах Солнечной системы, далеких галактиках. Взгляд из космоса на Землю позволил приступить к изучению крупномасштабных процессов и явлений на поверхности Земли и в ее атмосфере, составить цельное представление о ней как о небесном теле. Доставка научной аппаратуры на Луну, Венеру, Марс позволила начать прямые эксперименты на других небесных телах. Вынос приборов за пределы атмосферы сделал всевидящими глаза астрономов: они стали регистрировать излучения в ультрафиолетовом, рентгеновском и гаммадиапазонах. Мы как будто протерли мутное окно во Вселенную, и она предстала перед нами во всем своем неповторимом многообразии.

Особенно активными и соответственно результативными стали исследования Земли и окружающего ее пространства. По эволюциям орбит искусственных спутников Земли была с высокой точностью определена форма Земли. Выяснилось, что земной шар — это вовсе не шар, а какое-то тело вращения (как мы теперь называем, геоид), сплюснутое по полюсам. Причем «сверху» Земля «примята» на 40 метров больше. На многих континентах были обнаружены неизвестные ранее протяженные линейные и кольцевые структуры, что в значительной степени изменило взгляды ученых на геологическое строение целых регионов, дало в руки сейсмологов новые данные о тектонической деятельности в этих районах.

Еще в докосмическую эру было известно о вертикальных подвижках материков. Неоднократные измерения высот разных точек поверхности Земли показали, что даже в районах самых устойчивых геологических образований (например, Русская платформа или Украинский щит) земная кора «дышит» со скоростью 3—5 миллиметров в год. В сейсмически активных зонах скорость вертикальных движений коры достигает 12—15 миллиметров в год. А существуют ли горизонтальные перемещения материков? На этот вопрос, несмотря на несколько попыток его разрешения, ответить не удалось. И только космическая техника, а именно лазерная локация спутников, ответила на него однозначно: да, материки движутся, причем довольно интенсивно. Например, Буэнос-Айрес за семь лет сдвинулся на семь метров, а, скажем, расстояние между Парижем и Вашингтоном увеличивается на целых четыре метра в год! Не подтверждает ли это гипотезу о том, что когда-то евро-африканский и американский континенты составляли единое целое? Если посмотреть на географическую карту мира, то нетрудно убедиться, что очертания «берегов» Атлантического океана полностью совпадают, прямо хоть вкладывай их друг в друга. На подозрительное родство континентов указывает и близость геолого-морфологического состава пород, слагающих континентальные шельфы. Но пока это так и остается гипотезой... Вертикальные и горизонтальные движения земной коры, перемещения материков и полюсов, изменения скорости вращения Земли обусловлены процессами, развивающимися внутри Земли. А следовательно, изучая эти явления, можно как бы заглянуть внутрь нашей планеты.

С созданием спутников появилась возможность с высокой точностью измерять расстояния на земном шаре. Благодаря этому были уточнены береговые очертания морей и океанов, координаты многих объектов и образований на суше.

Долгое время космонавты, пролетая над морями и океанами, воспринимали расстилающуюся под ними картину как простую игру солнечных лучей в океанских водах, игру света и тени. В длительных космических полетах, благодаря адапта-

ции зрения космонавтов и повторяемости картины, стало очевидным, что океан — это не просто хаос красок, это строгое соответствие цветности воды термодинамическому состоянию и биопродуктивности океана. Оказалось, что с орбиты хорошо просматриваются мощные струи течений, выходы глубинных вод, фронтальные зоны, контрастные по цвету пятна и полосы. На наших глазах происходит становление новой науки — океанологии.

Измерение циркуляций океанических вод убедило в том, что циркуляции эти носят не случайный, а вполне закономерный характер, являются важнейшим элементом общей глобальной циркуляции Мирового океана.

Были замечены и странности в поведении океанов, например, глубокие впадины поверхности воды, или, наоборот, весьма протяженные (на сотни километров) водяные валы, повинные, возможно, в таинственном исчезновении судов при тихой погоде и не получившие пока никакого объяснения.

Космонавтика доказала, что океан является главным звеном в процессах формирования погоды и климата на Земле.

Выход человека в космическое пространство заставил пересматривать установившиеся концепции в природоведении, вулканологии и гляциологии, геодезии, гидрологии, сейсмологии и многих других науках о Земле. Но особую эволюцию претерпели наши представления о воздушной оболочке Земли и прилегающем к ней космическом пространстве. Было установлено, что земная атмосфера простирается на десятки тысяч километров, по крайней мере до 4—5 радиусов Земли. Были выявлены конфигурация и параметры магнитной оболочки планеты, в частности, оказалось, что напряженность электрического поля в 10—100 раз превышает ожидавшиеся значения. В первых же космических полетах были открыты радиационные пояса Земли, а впоследствии изучены структура, протяженность поясов и механизм их образования. Сегодня получили надежное объяснение такие природные явления, как магнитные бури, серебристые облака, полярные сияния. Был уточнен характер изменения давления и плотности атмосферы по высоте, строение и химический состав верхней атмосферы, показана зависимость температуры от географической широты и времени суток. Спутники установили, что приходящие из космоса метеориты образовали вокруг Земли своеобразное пылевое облако, внешняя граница которого простирается до высот около 100 тысяч километров, а примерно 100 тонн метеоритного вещества ежедневно выпадает на Землю.

Особо сложными и многоплановыми стали исследования электрических и магнитных полей в околоземном космическом пространстве в их постоянной взаимосвязи и изменчивости под воздействием различных излучений — собственного излучения Земли и ее атмосферы, излучений радиационных поясов, солнечного ветра, частиц галактического происхожде-

ния. И здесь предстоит еще немало потрудиться, прежде чем можно будет сказать, что мы это знаем. Непростыми оказались также исследования динамики земной атмосферы с ее ни на минуту не прекращающейся циркуляцией, взаимодействие воздушных масс с Мировым океаном, передаточной функции атмосферы в цепочке космос — атмосфера — поверхность Земли.

Космонавтика продлила «руки» ученых до ряда других космических тел Солнечной системы. Космическая техника дала такую информацию о Луне, Венере, Марсе и других планетах и межпланетной среде, которую мы не смогли бы получить никакими другими средствами.

Мягкой посадкой автоматических станций был положен конец ожесточенным спорам о состоянии поверхностного слоя Луны. Была опровергнута гипотеза о существовании многометрового пылевого слоя, образовавшегося в результате длительной бомбардировки метеоритами. По движению искусственных спутников Луны были обнаружены неоднородности в распределении массы в теле Луны — масконы, и тем самым было подтверждено предположение о гравитационной стабилизации Луны, благодаря чему она все время обращена к Земле одной и той же стороной. Этот прекрасный гравитационный механизм, в течение миллиардов лет обеспечивающий совпадение периодов собственного вращения Луны и обращения ее вокруг Земли, лишал человечество возможности видеть обратную сторону спутника Земли. И только космонавтика смогла ответить на долго мучивший вопрос: а что там? Ныне по результатам космической съемки составлены полная карта Луны и лунный глобус.

Лунное вещество доставлено на Землю, в лаборатории ученых. На поверхность Луны спустились умные автоматы-геологи и самодвижущиеся лаборатории. На Луне побывал сам человек. В результате многочисленных экспериментов на видимом полушарии и глобальных исследований с орбит искусственных спутников были измерены физико-механические свойства лунного вещества, а также его химический состав, определен возраст различных пород и образований на Луне, изучено магнитное поле и другие физические параметры окололунного пространства.

Предметом особо ожесточенных споров «лунатиков» стал вопрос о факторах, определивших формирование нынешнего облика Луны. Сторонники метеоритной теории считают, что многочисленные кратеры на теле Луны явились результатом бомбардировки ее крупными метеоритами. С ними не соглашались вулканологи: кратеры на Луне были образованы извержениями вулканов в результате собственной тектонической деятельности Луны в геологически активный период, говорят они. Ни одна из этих теорий не может до конца

объяснить всего комплекса вопросов по истории Луны. Каждая из них получала, казалось бы, убедительные подкрепления, но затем наступал период спада. Например, когда было доказано, что при космических скоростях соударения тел, независимо от угла падения, форма кратеров остается круглой (а не эллипсовидной), наступило оживление в стане метеоритчиков. Но когда несколько лет назад советскому астроному Козыреву удалось наблюдать выход газов из недр Луны, наступил «праздник» у вулканологов.

На степень родства Луны и Земли существуют сразу три точки зрения. Луна — это дочь Земли, и образовалась она из куска материи, оторванного когда-то давно от нашей планеты, где сегодня плещутся волны Тихого океана. Правда, у этой гипотезы сторонников почти не осталось. Луна — это падчерица Земли, родившаяся где-то в просторах Солнечной системы и впоследствии захваченная гравитационным полем Земли. Ныне и эта точка зрения теряет поддержку. И, наконец, третья позиция: Луна и Земля — сестры, они возникли одновременно.

Если просуммировать добытые, прежде всего космическими средствами, знания по истории Луны, то вкратце получится следующее. Формирование нашего спутника закончилось 4,6 миллиарда лет назад. По мере охлаждения верхнего (100—200 километров) кипящего слоя в результате кристаллизации отдельных пород происходила дифференциация вещества — более тяжелые породы выпадали в осадок. Около 4,4 миллиарда лет назад поверхность Луны стала твердой, а в результате дифференциации возникла кора, которую мы теперь называем материками. Около 3,5 миллиарда лет назад за счет накопления в недрах Луны радиоактивного тепла произошло массовое излияние базальтов, сформировавших моря и океаны Луны. Последующая метеоритная бомбардировка, солнечный ветер и космические лучи привели к образованию рыхлого чехла — реголита.

Что дает нам знание истории Луны? Очень немало. Отсутствие влаги и атмосферы, а следовательно, и эрозионных процессов на Луне позволяет нам увидеть то, что происходило на ней миллиарды лет тому назад. Через историю Луны становится яснее ранняя эволюция нашей собственной Земли со всеми вытекающими отсюда последствиями. Ведь ее геология нам известна лишь за последние 1,6 миллиарда лет, хотя возраст Земли, как и Луны, 4,6 миллиарда лет.

Вернувшись на два десятка лет назад, можно немало подивиться тому, сколь бедны были наши познания о ближайших к Земле планетах Венере и Марсе. На Марсе еще «бушевала» растительность и «обитали» животные, а некоторые образования на поверхности планеты и даже спутники Фобос и Деймос подозревались в искусственном происхождении. Период собственного вращения Венеры оценивался целым рядом чисел: 1; 1,5; 4; 15; 24; 224; 243 земных суток.

Давление на поверхности планеты также «скакало». Например, посадочные аппараты первых советских станций «Венера» рассчитывались всего на одну атмосферу. Затем они были упрочены до 25, потом сразу до 180 атмосфер, пока, наконец, не была найдена истина. То же можно сказать и о температуре на Венере и многом другом.

И только космические средства развеяли миф о существовании высокоразвитой жизни на Марсе, позволили заглянуть под плотную газовую оболочку Венеры. Были выполнены прямые измерения температуры и давления на планетах, изучен состав атмосфер Венеры и Марса и вещества обеих планет, с близкого расстояния получены фотоизображения их рельефов.

О многом рассказали науке автоматические посланцы человека. О том, что давление на Венере в сто раз больше, а на Марсе — в двести раз меньше, чем на Земле. О том, что атмосферы планет почти целиком состоят из углекислого газа, а влаги там практически нет. О том, что температура на Венере, достигая 500 градусов по Цельсию, почти стабильна, тогда как на Марсе она подвержена сезонным и широтным изменениям от минус 110 до плюс 25 градусов. На Марсе могут возникать сильные пылевые бури со скоростями ветра в 100 и более метров в секунду. На Венере же такие ветры наблюдаются только на больших высотах. Зарегистрированная у поверхности скорость перемещения атмосферы не превысила 0,5—1,5 метра в секунду. Но даже такая небольшая скорость при огромной плотности и высокой температуре атмосферы, по мнению ученых, могла как утюгом сгладить поверхностный слой Венеры. И каково же было удивление специалистов, когда на переданных советскими станциями панорамах проступили относительно свежие обломки пород. Да и сама возможность фотографирования на Венере тоже оказалась неожиданностью: уж слишком там плотная облачность, и она совсем не имеет разрывов. Фотографированием Марса и радиозондированием Венеры был обследован рельеф планет. Оказалось, что на Марсе перепад высот достигает 28 километров! Таких перепадов нет даже на Земле!

В последние годы получены новые данные о Меркурии, Юпитере, Сатурне. Благодаря внеатмосферной астрономии было открыто рентгеновское излучение в космосе и его источники; теперь их известно несколько сотен. Были обнаружены новые типы космических тел — квазары, пульсары, нейтронные звезды. Получена интересная информация о нашей ближайшей звезде — Солнце, о солнечном ветре, о космических и галактических лучах.

Важнейшим открытием для человечества стал вывод о том, что в космосе можно жить и работать. У первого суточного полета Г. С. Титова двадцать лет назад было немало серьезных противников. И хотя в планировании полета

верх одержали оптимисты, все же программа предусматривала немедленную посадку корабля в случае плохого самочувствия пилота. Сегодня мы уже летаем по полгода и более.

На многие вопросы к Земле, Луне и далекому космосу дала ответы космическая техника. Многие поставила сама. На фотографиях поверхности Марса обнаружены протяженные извилистые впадины с «притоками», которые не могут быть не чем иным, как руслами высохших рек. Куда же девалась вода, если ее нет даже в атмосфере планеты? Некоторые образования в атмосфере Венеры совершают полный оборот вокруг планеты за 4 земных суток, тогда как сама Венера делает оборот за 243 суток. Каков механизм такого быстрого вращения атмосферы? Почему соотношение изотопов аргона — очень важной характеристики эволюции планет — на Венере чуть ли не в триста раз отличается от земного (чего, в предположении о родстве планет, не должно быть)? Почему Юпитер и его спутники излучают больше тепла, чем получают от Солнца сами?

Их множество, таких вопросов. Вопросов больших и вопросов малых. Но убедительный ответ на каждый из них ложится новым кирпичиком в общее здание наших представлений об эволюции материи, о строении и развитии Вселенной как целого.

Космонавтика еще молода, перед ней большие дороги. Стоят в «минутной готовности» мощные ракеты, не прекращается работа в Звездном, ждут своих стартов автоматические посланцы человека. Будут, следовательно, и новые открытия. Будут, безусловно, и новые вопросы. Ибо процесс познания бесконечен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Еще на заре двадцатого столетия «великий калужанин» Константин Эдуардович Циолковский наметил грандиозный план проникновения человека в космическое пространство. За годы практической реализации этого плана мы уже выполнили половину из полутора десятков его пунктов. Нами «устроены» ракетные самолеты с постепенно уменьшающимися крыльями и возрастающими скоростями полета, осуществлено «проникновение» в разреженные слои атмосферы, а затем и за ее пределы, запущены первые спутники и орбитальные станции, освоены «эфирные скафандры» и солнечная энергетика кораблей «для дыхания, питания и других житейских целей».

В успехах космонавтики сегодняшнего дня — труд энтузиастов многих поколений, наших предшественников и современников, их бессонные ночи, внезапные озарения и мучительные разочарования — вечные спутники всякого

поиска. Сколько же надо было решить сложнейших вопросов, прежде чем запустить первый искусственный спутник Земли или посадить человека в пилотируемый корабль? Самых разных — научно-технических, медицинских, просто человеческих, правовых...

В нашей книге мы рассказали лишь о мизерной части проблем космического полета, особенностей новой арены деятельности человека и аспектов земного приложения космоса. Их в тысячу крат больше. Ведь за первым искусственным спутником Земли стояла вся человеческая история, а каждый новый старт в неизведанное открывает нам новые грани, которые еще не успела проявить космонавтика за, в общем-то, короткий период своего существования.

Считается, что первые шаги — самые трудные. За четверть века практической космонавтики мы сделали немало этих первых шагов. И сегодня уже никого не удивляет запуск искусственного спутника Земли и даже пилотируемого корабля или межпланетной станции. Это уже наши будни.

Для нас, жителей восьмидесятых, космос стал привычным. Стал привычен, но... не стал обычен. Не стал проще. И нет никаких оснований полагать, что реализация следующих пунктов плана Циолковского потребует от нас меньших усилий.

Мы приступили к эксплуатации длительно действующих орбитальных станций со сменяемыми экипажами, накопили немалый опыт по организации работы и быта экипажей в космосе, выполнению широких научных и прикладных исследований. Но в повестку дня уже встает вопрос о создании постоянно действующих крупных модульных конструкций. И, следовательно, еще ждут своего решения вопросы монтажа этих конструкций из отдельных блоков, их эффективного и экономичного снабжения с Земли, организации специализированных внеземных производств.

Угроза истощения минеральных ресурсов Земли заставляет человечество осваивать новые виды энергии — ядерную, геотермальную, ветровую, энергию приливов и отливов. И, конечно же, большие надежды возлагаются при этом на космос. Гелиоэнергетика — использование с помощью космических средств даровой энергии Солнца — открывает огромные перспективы. Но, как говорится, близок локоток... Прежде чем включить первый космический рубильник, нам надо будет решить целый ряд принципиально новых вопросов по конструированию ажурных и в то же время достаточно прочных многокилометровых конструкций, выведению их на стационарную орбиту и развертыванию в космическом пространстве, нанесению светопреобразователей на площади в десятки и сотни квадратных километров, удержанию конструкций под оптимальным углом к солнечным лучам, транспортированию электрической энергии на Землю.



Памятник К. Э. Циолковскому в г. Калуге

А разве не так же будут обстоять дела с созданием «эфирных островов» в околоземном космосе и научных баз — поселений на Луне, с пилотируемыми полетами к планетам Солнечной системы, с разработкой новых типов ракетных двигателей — ядерных, электрических, фотонных, с которыми мы неизменно связываем будущее космонавтики. Короче: мест для приложения творческой энергии еще достаточно.

Будущее — это всегда молодость. Будущее космонавтики строить молодым, людям, еще не утратившим остроты восприятия, не растратившим творческого горения. Именно молодым предстоит решать все эти суперпроблемы. А решать их придется обязательно. Решать непременно. Ибо космос вошел к нам не случайно и не на короткий период. Он, теперь уже бесповоротно, вошел в нашу жизнь, наш быт, сознание, мировоззрение. Вошел прочно. Надолго. Навсегда.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Четверть века: цифры и факты

*) За годы космической эры Советский Союз вывел на околоземные и межпланетные трассы свыше 1700 различных космических аппаратов. Среди них 6 «Востоков», 2 «Восхода», свыше 40 «Союзов», 7 орбитальных станций «Салют», более 1400 «Космосов», 24 станции серии «Луна», 14 «Венер», 7 «Марсов», 8 «Зондов».

*) За 3,5 года, с октября 1957 по апрель 1961 года, в СССР запущено 14 космических аппаратов, а в одном только 1961 году их стартовало 126.

*) Первый пилотируемый космический корабль «Восток» весил 4,73 тонны. Диаметр его единственного жилого отсека составлял 2,3 метра. Масса орбитальной станции «Салют» и двух пристыкованных к ней кораблей «Союз» превышает 32 тонны, объем шести жилых отсеков комплекса достигает 110 кубических метров. На «Салюте» имеется около 1500 всевозможных приборов. Масса научного оборудования «Салютов» достигает 2,5 тонны.

*) С апреля 1961 года в Советском Союзе осуществлен 51 пилотируемый космический полет, в полетах приняли участие 53 советских космонавта, из них 14 человек — дважды и 12 человек — трижды. В общей сложности проведено вне Земли свыше 7 лет. Самый длительный полет А. Березового и В. Лебедева — 211 суток — состоялся в 1982 году на борту орбитальной станции «Салют-7».

*) Абсолютным долгожителем космоса стал советский космонавт В. В. Рюмин. Он три раза стартовал в космос, налетав на кораблях «Союз» и орбитальной станции «Салют» 362 суток.

*) На 111 землян, стартовавших в космос в первую четверть космического века, приходится всего 2 женщины. Обе — гражданки СССР, воспитанницы ДОСААФ В. Терешкова и С. Савицкая.

*) С 1971 года в советской программе пилотируемых полетов реализовано 25 экспедиций космонавтов на борт орбитальных станций «Салют»: одна — на «Салют-1», одна — на «Салют-3», две — на «Салют-4», две — на «Салют-5», шестнадцать — на «Салют-6», три — на «Салют-7».

*) Почти 5 лет работала в космосе орбитальная станция второго поколения «Салют-6». За это время в ее отсеках побывали 27 космонавтов, из них 6 человек — дважды; к ее причалам швартовался 31 пилотируемый и беспилотный космический корабль. На ее борт 12 кораблями «Прогресс» доставлено более 20 тонн различных грузов и топлива. На станции последовательно реализованы длительные пилотируемые полеты — 96, 140, 175 и 185 суток.

*) На борту орбитальной станции «Салют-6» выполнено более 200 технологических плавов, получено около 300 образцов различных материалов, из них 250 — по методикам советских ученых, остальные — совместно со специалистами других социалистических стран. На установке «Испаритель»

проведено около 200 опытов по напылению различных материалов в вакууме.

*) С борта «Салюта-6» измерены гамма-излучения звезд суммарной длительностью 260 часов; в интересах землеведения (в том числе для народного хозяйства) получено свыше 10 тысяч многозональных и около 5 тысяч широкоформатных снимков поверхности Земли и акватории Мирового океана, зарегистрировано более 100 тысяч спектров излучения различных участков земной поверхности и атмосферы. Исследованиями и наблюдениями удалось охватить почти половину поверхности земного шара.

*) В полете «Салюта-6» впервые осуществлены астрономические наблюдения с помощью радиointерферометра, база которого превышала диаметр Земли. На околоземной орбите работал радиотелескоп КРТ-10 с диаметром антенны 10 метров, на Земле — 70-метровая антенна Центра дальней космической связи.

*) Пилотируемый корабль «Союз» помимо экипажа на орбиту может доставить только 50 кг полезных грузов, а новый грузовой транспортный корабль «Прогресс» — 1300 кг сухих грузов и до 1000 кг топлива.

*) На борту орбитальных станций «Салют» размещают сегодня свои заказы более 600 организаций нашей страны. Информация из космоса изучается более чем в 30 институтах АН СССР, ряде институтов академий союзных республик, в организациях многих министерств и ведомств.

*) В первые годы своей работы Центр подготовки космонавтов взаимодействовал с несколькими научными организациями (3—5). Теперь таких организаций более 300. Сам Центр превратился в серьезную научно-исследовательскую организацию.

*) Командно-измерительный комплекс СССР пополнился новыми центрами управления полетом, наземными и плавучими измерительными средствами, благодаря которым экипажи постоянно имеют связь с Землей. Флагман экспедиционного научного флота АН СССР «Космонавт Юрий Гагарин» — самое крупное в мире научное судно. Его длина 232 метра, высота от киля до клотика 61 метр, водоизмещение 45 тысяч тонн, мощность энергетических установок 19,5 тысячи лошадиных сил.

*) Для разработки методик наблюдений из космоса и соответствующей аппаратуры, а также обработки полученной в космосе информации в нашей стране созданы специализированные центры: Институт космических исследований АН СССР, центры «Природа», «Каспий», Госниципр, при Ленинградском государственном университете и др.

*) В Советском Союзе имеется около 30 полигонов протяженностью от десятков до сотен километров с различными ландшафтными и природными условиями. На полигонах отрабатывается аппаратура для наблюдений из космоса, а также проверяются методики дешифровки этих наблюдений.

*) С 1976 года в космических полетах осваивается многозональная фотографическая камера, созданная совместными усилиями ученых СССР и ГДР. В шести зонах спектра получены тысячи снимков разных участков территории СССР и других социалистических стран. Каждый снимок охватывает площадь Земли размером 165x115 километров с разрешением на местности в 10—20 метров.

*) По данным ЮНЕСКО, ежедневно в мире происходит почти полмиллиарда телефонных разговоров, из которых 10 миллионов — междугородных, 100—120 тысяч — международных, более 50 тысяч — межконтинентальных. Наземными средствами эту работу выполнить было бы невозможно.

*) Благодаря системе дальней космической связи «Орбита» передачи Московского Центрального телевидения сейчас смотрят до 80 процентов населения СССР. По мере развития системы спутниковой связи объем телевизионного вещания на восточные районы страны увеличился с трех дней в неделю по 8—10 часов в сутки в 1967—1968 годах до 19—20 часов при ежедневных передачах в настоящее время.

*) В ноябре 1976 года была проведена пробная передача изображений газетных полос через искусственный спутник Земли из Москвы на Дальний Восток. Сегодня такие передачи стали обычными.

*) Созданная в Советском Союзе система метеорологического наблюдения «Метеор» экономит нашей стране более миллиарда рублей ежегодно. На базе спутников «Метеор — Природа» создается система оперативного

наблюдения природных ресурсов Земли. Вводится в эксплуатацию навигационная космическая система «Цикада», повышающая точность навигации морских судов до 80—100 метров.

*) Ускорение темпов геологической разведки таких полезных ископаемых, как нефть и газ, всего на 5 процентов даст возможность получать прибыль в 2 миллиарда рублей.

*) По материалам космической съемки создана серия природных карт ряда районов нашей страны: структурно-геологических, геоморфологических, почвенных, ландшафтных, грунтовых вод.

*) За 10 дней работы геофизического спутника получено такое количество данных о магнитном поле Земли, какое в обычных условиях можно было бы собрать за 10 лет.

*) В рамках сотрудничества с другими странами на 11 пилотируемых кораблях, 31 искусственном спутнике Земли, 8 межпланетных автоматических станциях «Венера» и «Марс», 2 луноходах, 10 высотных геофизических ракетах, множестве метеорологических ракет нашей страной выполнена обширная программа совместных исследований в космосе. Помимо стран социалистического содружества, СССР сотрудничает в области космоса с Францией, Индией, Швецией и США.

*) За 15 лет существования программы «Интеркосмос» запущено 22 искусственных спутника Земли серии «Интеркосмос», 10 геофизических ракет «Вертикаль», осуществлено 9 совместных пилотируемых экспедиций. Сегодня своих космонавтов имеют Чехословакия, Польша, ГДР, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Куба, Монголия, Румыния.

*) В ноябре 1971 года 9 социалистических стран подписали соглашение о создании международной системы и организации космической связи «Интерспутник». К настоящему времени станции системы «Орбита» построены почти во всех социалистических странах и ряде других государств.

*) На территории 17 государств мира (в Европе, Азии, Африке, Латинской Америке) размещены станции совместных оптических наблюдений за искусственными спутниками Земли в рамках программы «Интеркосмос».

*) Советскими ракетами-носителями с советских космодромов на околоземные орбиты выведены 3 искусственных спутника Земли Индии («Ариабата», «Бхаскара», «Бхаскара-2»), 3 спутника Франции (МАС-1, МАС-2, «Снег-3»), 1 спутник Чехословакии («Магион»).

*) За годы космической эры осуществлена космическая съемка всей поверхности Луны, выполнены различные исследования тела Луны и окололунного пространства. Из трех различных районов Луны автоматическими средствами доставлены на Землю образцы лунного вещества (с глубин до двух метров), переданные для исследований в десятки лабораторий мира. На орбиты вокруг Марса и Венеры выведено 6 советских спутников; 9 спускаемых аппаратов совершили мягкие посадки на эти планеты. Получены снимки отдельных районов Марса, цветные панорамы Венеры, сведения о физических характеристиках планет и окружающего их пространства. Без космических средств получить такую информацию было бы невозможно.

*) Первый советский луноход проработал на Луне 10,5 месяца, преодолев за это время расстояние 10 542 метра. Второй луноход прошел расстояние 37 километров. Обе самодвижущиеся лаборатории выполнили большой комплекс разнообразных научных исследований. В частности, с их помощью была осуществлена лазерная локация Луны с точностью до 30 сантиметров.

*) Осенью 1975 года благодаря информации из космоса синоптики смогли точно рассчитать путь и силу циклона, зародившегося у берегов Англии, и своевременно предупредить ленинградцев о наводнении.

*) С помощью космической съемки удалось обнаружить второй экваториальный пояс облаков. Это внесло существенную поправку в методику составления долгосрочных прогнозов погоды.

*) К настоящему времени в СССР и США в космических полетах проведены исследования более чем на 50 видах биологических объектов.

*) Из космоса хорошо просматривается дно шельфовой зоны океанов до глубины 50 метров, которое нельзя увидеть на фотографиях.

*) Прочность металлов и сплавов при выплавке и формовке в невесомости может быть увеличена в 100 и более раз.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

От автора	3
На пути в небо	5
Наша главная гавань	5
Так заправляют звездолеты	9
Готовность одна минута!	21
Основа профессии	27
На космических орбитах	29
Мир без тяжести	29
Второй старт	35
Энергетика космических трасс	38
Космические марафоны	42
Длительная экспедиция	46
Нештатная операция	52
Космос и ЭВМ	60
Космос — Земле	64
Поговорим о дивидендах	64
Космос развивающимся странам	73
«Салют» на орбите	78
Охрана среды и космонавтика	84
С научным багажом на Землю	92
Домой!	92
Космонавтика в познании Вселенной	99
Заключение	106
Приложение. Четверть века: цифры и факты	109

НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ НОВИКОВ

ГОТОВНОСТЬ ОДНА МИНУТА!

Редактор М. Е. Орехова
Художник В. И. Кухарук
Художественный редактор Т. А. Хитрова
Технический редактор С. А. Бирюкова
Корректор В. Д. Синёва

ИБ № 1606

Сдано в набор 23.03.83. Подписано в печать 03.01.84. Г-73501. Формат 60×90/16. Бумага офсетная № 1. Гарнитура журнально-рублиная. Печать офсетная. Усл. п. л. 8,0. Уч.-изд. л. 8,81. Тираж 50 000 экз. № заказа 3-105. Цена 75 к. Изд. № 2/п-181.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР
129110, Москва, Олимпийский просп., 22.

Книжная фабрика «Коммунист». 310012, Харьков-12, Энгельса, 11.

