

Представьте, что вам предложили снарядить космическую экспедицию. Какие устройства, системы, запасы понадобятся вдали от Земли? Сразу вспоминаются двигатели, топливо, скафандры, кислород. Немного подумав, можно вспомнить о солнечных батареях и системе связи... Дальше в голову приходят разве что боевые фазеры из сериала «Звездный путь». Между тем современные космические аппараты, особенно пилотируемые, оснащены множеством систем, без которых невозможна их успешная работа, но широкой публике о них почти ничего неизвестно.

ИГОРЬ АФАНАСЬЕВ, ДМИТРИЙ ВОРОНЦОВ

Анатомия спутника

Вакуум, невесомость, жесткое излучение, удары микрометеоритов, отсутствие опоры и выделенных направлений в пространстве — все это факторы космического полета, практически не встречающиеся на Земле. Чтобы совладать с ними, космические аппараты оснащают множеством приспособлений, о которых в обыденной жизни никто и не задумывается. Водителю, например, обычно не надо заботиться об удержании автомобиля в горизонтальном положении, а для поворота достаточно покрутить баранку. В космосе же перед любым маневром приходится проверять ориентацию аппарата по трем осям, а повороты выполняются двигателями — ведь нет дороги, от которой можно оттолкнуться колесами. Или вот, например, двигательная установка — ее упрощенно представляют баками с топливом и камерой сгорания, из которой вырываются языки пламени. Между тем в ее состав входит множество приспособлений, без которых двигатель в космосе не заработает, а то и вовсе взорвется. Все это делает космическую технику неожиданно сложной по сравнению с земными аналогами.

ДЕТАЛИ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

На большинстве современных космических аппаратов стоят жидкостные ракетные двигатели. Однако в невесомости непросто обеспечить для них устойчивую подачу топлива. В отсутствие силы тяжести любая жидкость под влиянием сил поверхностного натяжения стремится принять форму шара. Обычно внутри бака образуется множество плавающих шаров. Если компоненты топлива будут поступать неравномерно, чередуясь с газом, заполняющим пустоты, горение будет неустойчивым. В лучшем случае

произойдет остановка двигателя — он буквально «подавится» газовым пузырем, а в худшем — взрыв. Поэтому для запуска двигателя нужно прижать топливо к заборным устройствам, отделив жидкость от газа. Один из способов «осадить» топливо — включить вспомогательные двигатели, например, твердотопливные или работающие на сжатом газе. На короткое время они создадут ускорение, и жидкость по инерции прижмется к топливозаборнику, одновременно освободившись от пузырьков газа. Другой способ — добиться, чтобы первая порция жидкости всегда оставалась в заборнике. Для этого возле него можно поставить сетчатый экран, который за счет капиллярного эффекта будет удерживать часть топлива для запуска двигателя, а когда он заработает, остальное «осядет» по инерции, как в первом варианте.

Но есть и более радикальный способ: залить топливо в эластичные мешки, помещенные внутри бака, после чего закачивать в баки газ. Для наддува обычно используют азот или гелий, запасая их в баллонах высокого давления. Конечно, это лишний вес, зато при небольшой мощности двигателя можно избавиться от топливных насосов — давление газа обеспечит подачу компонентов по трубопроводам в камеру сгорания. Для более мощных двигателей без насосов с электрическим, а то и с газотурбинным приводом не обойтись. В последнем случае турбину раскручивает газогенератор — маленькая камера сгорания, сжигающая основные компоненты или специальное топливо.

Маневрирование в космосе требует высокой точности, а значит, нужен регулятор, который постоянно корректирует расход топлива, обеспечивая расчетную силу тяги. При

этом важно поддерживать правильное соотношение горючего и окислителя. Иначе эффективность двигателя упадет, и вдобавок один из компонентов топлива кончится раньше другого. Расход компонентов измеряют, помещая в трубопроводы небольшие крыльчатки, частота вращения которых зависит от скорости потока жидкости. А в мало-мощных двигателях расход жестко задается калиброванными шайбами, установленными в трубопроводах.

Для безопасности двигательную установку снабжают аварийной защитой, выключающей неисправный двигатель до того, как он взорвется. Управляет ею автоматика, поскольку в экстренных ситуациях температура и давление в камере сгорания могут меняться очень быстро. В целом двигатели и топливно-трубопроводное хозяйство — объект повышенного внимания в любом космическом аппарате. Запасом топлива во многих случаях определяется ресурс современных спутников связи и научных зондов. Часто создается парадоксальная ситуация: аппарат полностью исправен, но не может работать из-за истощения топлива или, например, утечки газа для наддува баков.

СВЕТ ВМЕСТО ВОЛЧКА

Для наблюдения Земли и небесных светил, работы солнечных батарей и радиаторов охлаждения, проведения сеансов связи и операций стыковки аппарат должен быть определенным образом сориентирован в пространстве и стабилизирован в этом положении. Наиболее очевидный способ определения ориентации — использовать звездные датчики, миниатюрные телескопы, распознающие на небе сразу несколько опорных звезд. Например, датчик летящего к Плутону зонда «Новые горизонты» (New Horizons) ▶



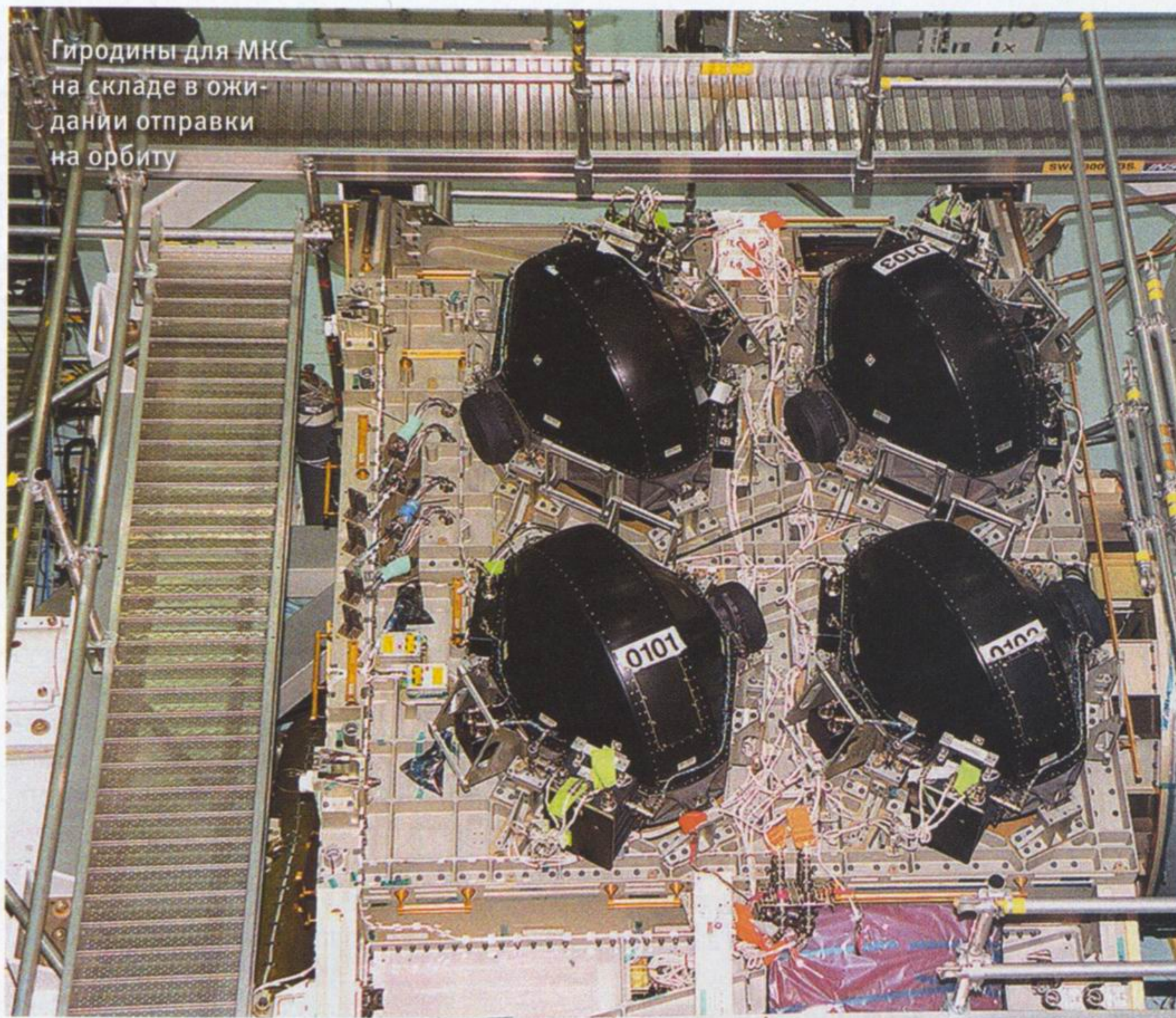
Двигатель ориентации марсианского спускаемого аппарата «Викинг»

THE MARK E. WELLS ARTIFACTS COLLECTION, WWW.ROCKETRELIQS.COM



Трубопроводы двигателя самой мощной европейской ракеты «Ариан-5»

SPL/EAST NEWS

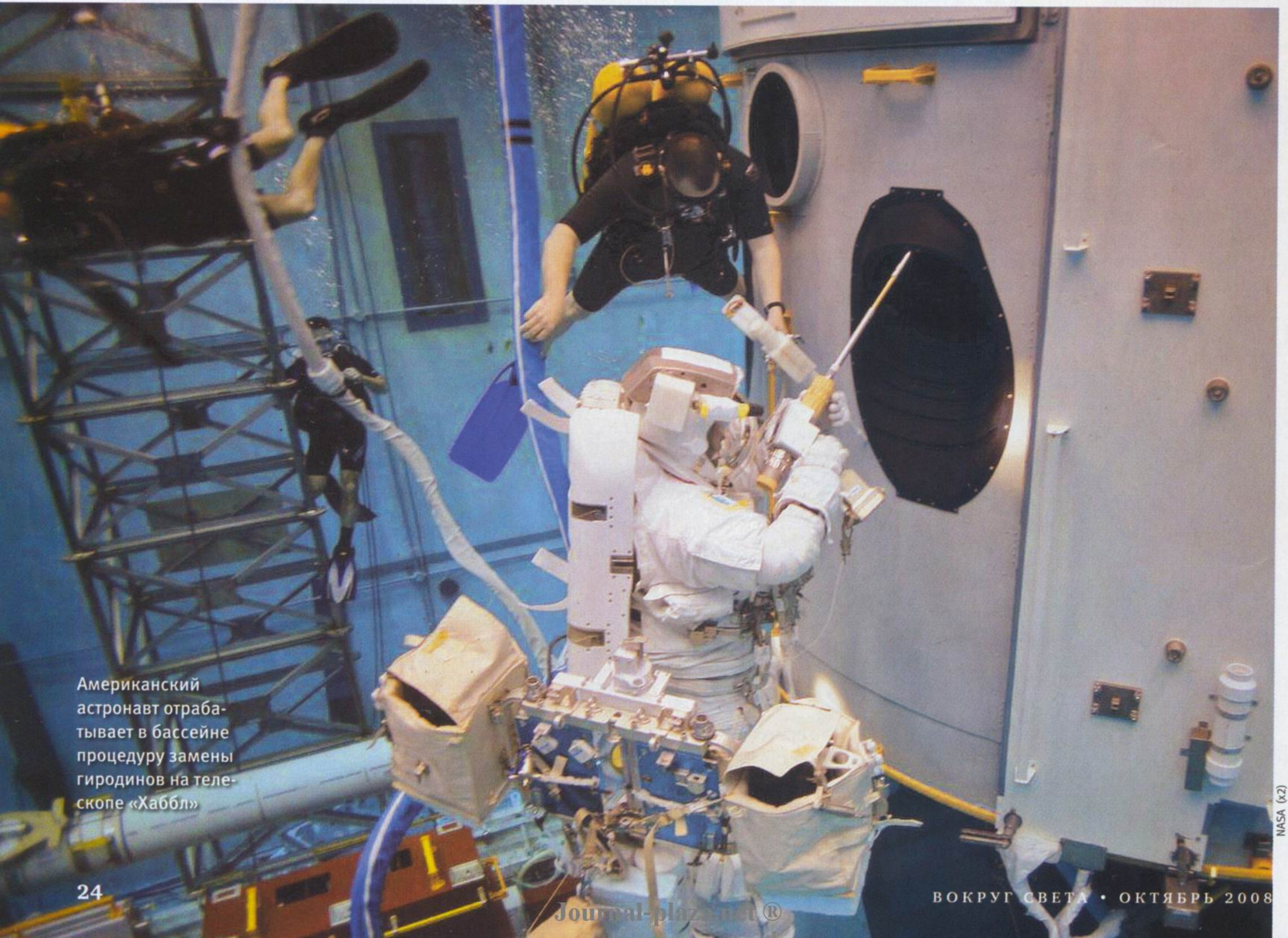


Гиродины для МКС на складе в ожидании отправки на орбиту

Силовые гироскопы, они же гиродины, экономят драгоценное топливо и нередко требуют пристального внимания экипажа

10 раз в секунду фотографирует участок звездного неба, и каждый кадр сравнивается с картой, заложенной в бортовом компьютере. Если кадр и карта совпадают, значит с ориентацией все в порядке, если нет — легко вычислить отклонение от нужного положения.

Повороты космического аппарата измеряют также с помощью гироскопов — небольших, а иногда и просто миниатюрных маховиков, закрепленных в карданном подвесе и раскрученных до скорости порядка 100 000 об/мин! Такие гироскопы компактнее звездных датчиков, но не годятся для измерения поворотов более чем на 90 градусов: рамки подвеса складываются. Этому недостатка лишены лазерные гироскопы — кольцевые и волоконно-оптические. В первом две испущенные лазером световые волны циркулируют навстречу друг другу по замкнутому контуру, отражаясь от зеркал. Поскольку частота волн одинакова, они, складываясь, образуют интерференционную картину. Но при изменении скорости вращения аппарата (вместе с зеркалами) частоты отраженных волн меняются из-за эффекта Доплера и интерференционные полосы начинают двигаться. Подсчитывая их, можно точно измерить, насколько изменилась угловая



Американский астронавт обрабатывает в бассейне процедуру замены гиродины на телескопе «Хаббл»

скорость. В волоконно-оптическом гироскопе два лазерных луча идут навстречу друг другу по кольцевому пути, и при их встрече разность фаз пропорциональна скорости вращения кольца (это так называемый эффект Саньяка). Достоинство лазерных гироскопов в отсутствии механически движущихся частей — вместо них используется свет. Такие гироскопы дешевле и легче привычных механических, хотя практически не уступают им по точности. Но лазерные гироскопы измеряют не ориентацию, а только угловые скорости. Зная их, бортовой компьютер суммирует повороты за каждую долю секунды (этот процесс называется интегрированием) и рассчитывает угловое положение аппарата. Это очень простой способ следить за ориентацией, но, конечно, такие расчетные данные всегда менее надежны, чем результаты прямых измерений, и требуют регулярной калибровки и уточнения.

Кстати, аналогичным образом следят и за изменениями поступательной скорости аппарата. Для ее прямых измерений нужен тяжелый доплеровский радар. Его ставят на Земле, и он измеряет только одну составляющую скорости. Зато не составляет проблемы на борту аппарата измерить

его ускорение при помощи высокоточных акселерометров, например, пьезоэлектрических. Они представляют собой специальным образом вырезанные кварцевые пластины размером с английскую булавку, которые деформируются под действием ускорения, в результате чего на их поверхности появляется статический электрический заряд. Непрерывно измеряя его, следят за ускорением аппарата и, интегрируя его (вновь не обойтись без бортового компьютера), вычисляют изменения скорости. Правда, такие измерения не учитывают влияния на скорость аппарата гравитационного притяжения небесных тел.

ТОЧНОСТЬ МАНЕВРА

Итак, ориентация аппарата определена. Если она отличается от требуемой, немедленно выдаются команды «исполнительным органам», например, микродвигателям на сжатом газе или жидком топливе. Обычно такие двигатели работают в импульсном режиме: короткий толчок, чтобы начать поворот, и тут же новый в противоположном направлении, чтобы не «проскочить» нужное положение. Теоретически достаточно иметь 8—12 таких двигателей (по две пары для каждой оси вращения), однако для надежности их ставят больше. Чем

точнее требуется выдерживать ориентацию аппарата, тем чаще придется включать двигатели, что повышает расход топлива.

Другую возможность управления ориентацией обеспечивают силовые гироскопы — гиродины. Их работа основана на законе сохранения момента импульса. Если под влиянием внешних факторов станция стала разворачиваться в определенном направлении, достаточно «подкрутить» маховик гиродина в ту же сторону, он «примет» вращение на себя» и нежелательный поворот станции прекратится.

С помощью гиродин можно не только стабилизировать спутник, но и менять его ориентацию, причем иногда даже точнее, чем с помощью ракетных двигателей. Но чтобы гиродины были эффективны, они должны обладать большим моментом инерции, что предполагает значительную массу и размеры. Для крупных спутников силовые гироскопы могут быть очень велики. Например, три силовых гироскопа американской станции «Скайлэб» весили по 110 килограммов каждый и делали около 9000 об/мин. На Международной космической станции (МКС) гиродины — это устройства размером с большую стиральную машину, каждое массой около 300 килограммов. ►



С помощью гироскопов можно не только стабилизировать спутник, но и менять его ориентацию, причем даже точнее, чем с помощью двигателей

Несмотря на тяжесть, использовать их все же выгоднее, чем постоянно снабжать станцию топливом.

Однако большой гироскоп нельзя разгонять быстрее нескольких сотен или максимум тысяч оборотов в минуту. Если внешние возмущения постоянно закручивают аппарат в одну и ту же сторону, то со временем маховик выходит на предельные обороты и его приходится «разгружать», включая двигатели ориентации.

Для стабилизации аппарата достаточно трех гироскопов с взаимно перпендикулярными осями. Но обычно их ставят больше: как и всякое изделие, имеющее подвижные детали, гироскопы могут ломаться. Тогда их приходится ремонтировать или заменять. В 2004 году для ремонта гироскопов, расположенных «за бортом» МКС, ее экипажу пришлось совершить несколько выходов в открытый космос. Замену отработавших свой ресурс и вышедших из строя гироскопов выполняли астронавты NASA, когда посещали на орбите телескоп «Хаббл». Очередная такая операция запланирована на конец 2008 года. Без нее космический телескоп, скорее всего, выйдет из строя в будущем году.

БОРТОВОЕ ПИТАНИЕ

Для работы электроники, которой любой спутник напичкан «под завязку», нужна энергия. Как правило, в бортовой электросети используется постоянный ток напряжением 27—30 В. Для разводки питания служит разветвленная кабельная сеть. Микроминиатюризация электроники позволяет уменьшить сечение проводов, поскольку большой силы тока современной аппаратуре не требуется, но существенно сократить их длину не удастся — она зависит в основном от размеров аппарата. Для маленьких спутников — это десятки и сотни метров, а для космических кораблей и орбитальных станций — десятки и сотни километров!

На аппаратах, срок службы которых не превышает нескольких недель, в качестве источников питания применяют одноразовые химические батареи. Долгоживущие телекоммуникационные спутники или межпланетные станции обычно оснащают солнечными батареями. Каждый квадратный метр на орбите Земли получает от Солнца излучение общей мощностью 1,3 кВт. Это так называемая солнечная постоянная.

Современные фотоэлементы преобразуют в электричество 15—20% этой энергии. Впервые солнечные батареи были применены на американском спутнике «Авангард-1», запущенном в феврале 1958 года. Они позволили этой малютке продуктивно жить и работать до середины 1960-х, тогда как советский «Спутник-1», имевший на борту только аккумулятор, заглох уже через несколько недель.

Важно отметить, что солнечные батареи нормально работают только в связке с буферными аккумуляторами, которые подзаряжаются на солнечной стороне орбиты, а в тени — отдают энергию. Эти аккумуляторы также жизненно необходимы в случае потери ориентации на Солнце. Но они тяжелые, и поэтому за счет них нередко приходится сокращать массу аппарата. Иногда это приводит к серьезным неприятностям. Например, в 1985 году во время беспилотного полета станции «Салют-7» ее солнечные батареи из-за сбоя перестали подзаряжать аккумуляторы. Очень быстро бортовые системы выжали из них все соки, и станция отключилась. Спасти ее смог специальный «Союз», посланный к молчащему и не реагирующему на команды с Земли комплексу. Состыковавшись со станцией, космонавты Владимир Джанибеков и Виктор Савиных сообщили на Землю: «Холодно, без перчаток работать нельзя. На металлических поверхностях иней. Пахнет застоявшимся воздухом. На станции ничего не работает. Поистине космическая тишина...» Умелые действия экипажа смогли вдохнуть жизнь в «ледяной дом». А вот спасти в аналогичной ситуации один из двух спутников связи при первом запуске пары «Ямалов-100» в 1999 году не удалось.

Во внешних областях Солнечной системы, за орбитой Марса, солнечные батареи неэффективны. Питание межпланетных зондов обеспечивают радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ). Обычно это неразборные, герметичные металлические цилиндры, из которых выходит пара проводов под напряжением. Вдоль оси цилиндра размещен стержень из радиоактивного и поэтому горячего материала. Из него, как из массажной щетки-расчески, торчат термодпары. Их «горячие» спаи подведены к центральному стержню, а «холодные» — к корпусу, охлаждаемая через его поверхность. Разность температур рождает электрический ток. Неиспользованное тепло можно «утилизировать» для подогрева аппаратуры. Так делалось, в частности, на советских «Луноходах» и на американских станциях «Пионер» и «Вояджер».



Сборка и настройка панелей солнечных батарей для спутника

SPL/EAST NEWS

Солнце даже на орбите — непостоянный источник энергии, и солнечные батареи приходится дополнять аккумуляторами

В качестве источника энергии в РИТЭГах применяются радиоактивные изотопы, как короткоживущие с периодом полураспада от нескольких месяцев до года (полоний-219, церий-144, кюрий-242), так и долгоживущие, которых хватает на десятки лет (плутоний-238, прометий-147, кобальт-60, стронций-90). Например, генератор уже упоминавшегося зонда «Новые горизонты» «заправлен» 11 килограммами двуокиси плутония-238 и дает выходную мощность 200—240 Вт. Корпус РИТЭГа делают очень прочным — в случае аварии он должен выдержать взрыв ракеты-носителя и вход в атмосферу Земли; кроме того, он служит экраном для защиты бортовой аппаратуры от радиоактивных излучений.

В целом РИТЭГ — вещь простая и чрезвычайно надежная, ломаться в нем просто нечему. Два его существенных минуса: страшная дороговизна, поскольку необходимые делящиеся вещества в природе не встречаются, а нарабатываются годами в ядерных реакторах, и сравнительно невысокая выходная мощность в расчете на единицу массы. Если же наряду с долгой работой нужна еще и большая мощность, то остается применить

ядерный реактор. Они стояли, например, на радиолокационных спутниках морской разведки УС-А разработки ОКБ В.Н. Челомея. Но в любом случае использование радиоактивных материалов требует самых серьезных мер безопасности, особенно на случай нештатных ситуаций в процессе выведения на орбиту.

ИЗБЕЖАТЬ ТЕПЛОВОГО УДАРА

Почти вся потребляемая на борту энергия в конечном счете превращается в тепло. К этому добавляется нагрев солнечным излучением. На небольших спутниках, чтобы не допустить перегрева, применяют тепловые экраны, отражающие солнечный свет, а также экранно-вакуумную теплоизоляцию — многослойные пакеты из чередующихся слоев очень тонкой стеклоткани и полимерной пленки с алюминиевым, серебряным или даже золотым напылением. Снаружи на этот «слоенный пирог» надевается герметичный чехол, из которого откачивается воздух. Чтобы сделать солнечный нагрев более равномерным, спутник можно медленно поворачивать. Но таких пассивных методов хватает лишь в редких случаях, когда мощность бортовой аппаратуры мала.

На более или менее крупных космических аппаратах, чтобы избежать перегрева, необходимо активно избавляться от лишнего тепла. В условиях космоса есть лишь два способа это сделать: путем испарения жидкости и тепловым излучением с поверхности аппарата. Испарители применяют редко, ведь для них надо брать с собой запас «хладагента». Гораздо чаще используют радиаторы, помогающие «излучать» тепло в космос.

Теплоотдача излучением пропорциональна площади поверхности и, по закону Стефана — Больцмана, четвертой степени ее температуры. Чем больше и сложнее аппарат, тем труднее его охладить. Дело в том, что энерговыделение растет пропорционально его массе, то есть кубу размера, а площадь поверхности — пропорционально только квадрату. Допустим, от серии к серии спутник увеличился в 10 раз — первые были с коробку из-под телевизора, последующие стали величиной с автобус. Масса и энергетика выросли при этом в 1000 раз, а площадь поверхности — только в 100. Значит, с единицы площади должно уходить в 10 раз больше излучения. Чтобы обеспечить это, абсолютная температура поверхности спутника (в Кельвинах) должна стать выше в 1,8 раза ($\sqrt[4]{10}$). Например, вместо 293 К (20 °С) — 527 К (254 °С). Понятно, что так нагревать аппарат нельзя. Поэтому современные спутники, выйдя на орбиту, ошестиниваются не только панелями солнечных батарей и раздвижными антеннами, но и радиаторами, как правило, торчащими перпендикулярно поверхности аппарата, направленной на Солнце.

Но сам радиатор — это лишь один из элементов системы терморегулирования. Ведь к нему еще надо подвести подлежащее сбросу тепло. Наибольшее распространение получили активные жидкостные и газовые системы охлаждения замкнутого типа. Теплоноситель обтекает греющиеся блоки аппаратуры, затем поступает в радиатор на наружной поверхности аппарата, отдает тепло и снова возвращается к его источникам (примерно так же работает система охлаждения в автомобиле). В систему терморегулирования, таким образом, входят разнообразные внутренние теплообменники, газоды и вентиляторы (в аппаратах с гермокорпусом), термомосты и тепловые платы (при негерметичной архитектуре).

На пилотируемых аппаратах тепла приходится сбрасывать особенно много, а температуру выдерживать в очень узком диапазоне — от 15 до 35 °С. Если радиаторы выйдут из строя, на борту придется резко сокращать энергопотребление. К►



Зонд «Новые горизонты». Слева — черный цилиндр РИТЭГа с радиаторами, вверху — антенна дальней космической связи

Использованная на борту энергия превращается в тепло, от которого необходимо избавляться во избежание перегрева

тому же на долговременной станции от всех критических элементов оборудования требуется ремонтпригодность. Значит, должна быть возможность по частям отключать отдельные узлы и трубопроводы, сливать и заменять теплоноситель. Сложность системы терморегулирования неизменно возрастает из-за наличия множества разнородных взаимодействующих модулей. Сейчас на каждом модуле МКС действует собственная система терморегулирования, а большие радиаторы станции, установленные на основной ферме перпендикулярно солнечным батареям, используются для работы «под большой нагрузкой» во время научных экспериментов с высоким потреблением энергии.

ОПОРА И ЗАЩИТА

Рассказывая о многочисленных системах космических аппаратов, часто забывают о корпусе, в котором все они размещаются. Корпус также принимает на себя нагрузки при запуске аппарата, удерживает воздух, обеспечивает защиту от метеорных частиц и космической радиации.

Все конструкции корпусов делятся на две большие группы — герметичные и негерметичные. Самые первые спутники делались герметичными, чтобы обеспечить для аппаратуры условия работы, близкие к земным. Их корпуса обычно имели форму тел вращения: цилиндрическую, коническую,

сферическую или их сочетание. Такая форма сохраняется у пилотируемых аппаратов и сегодня.

С появлением приборов, стойких к воздействию вакуума, стали применяться негерметичные конструкции, заметно снижающие массу аппарата и позволяющие более гибко компоновать оборудование. Основой конструкции служит пространственная рама или ферма, часто из композиционных материалов. Она закрывается «сотовыми панелями» — трехслойными плоскими конструкциями из двух слоев углепластика и алюминиевого сотового заполнителя. Такие панели при небольшой массе обладают очень высокой жесткостью. К раме и панелям крепятся элементы систем и приборного оборудования аппарата.

Чтобы удешевить космические аппараты, их все чаще строят на базе унифицированных платформ. Как правило, они представляют собой служебный модуль, объединяющий системы электроснабжения и управления, а также двигательную установку. На такую платформу монтируется отсек целевой аппаратуры — и аппарат готов. Американские и западноевропейские телекоммуникационные спутники строятся всего на нескольких таких платформах. Перспективные российские межпланетные зонды — «Фобос-Грунт», «Луна-Глоб» — создаются на базе платформы «Навигатор», разработанной в НПО им. С.А. Лавочкина.

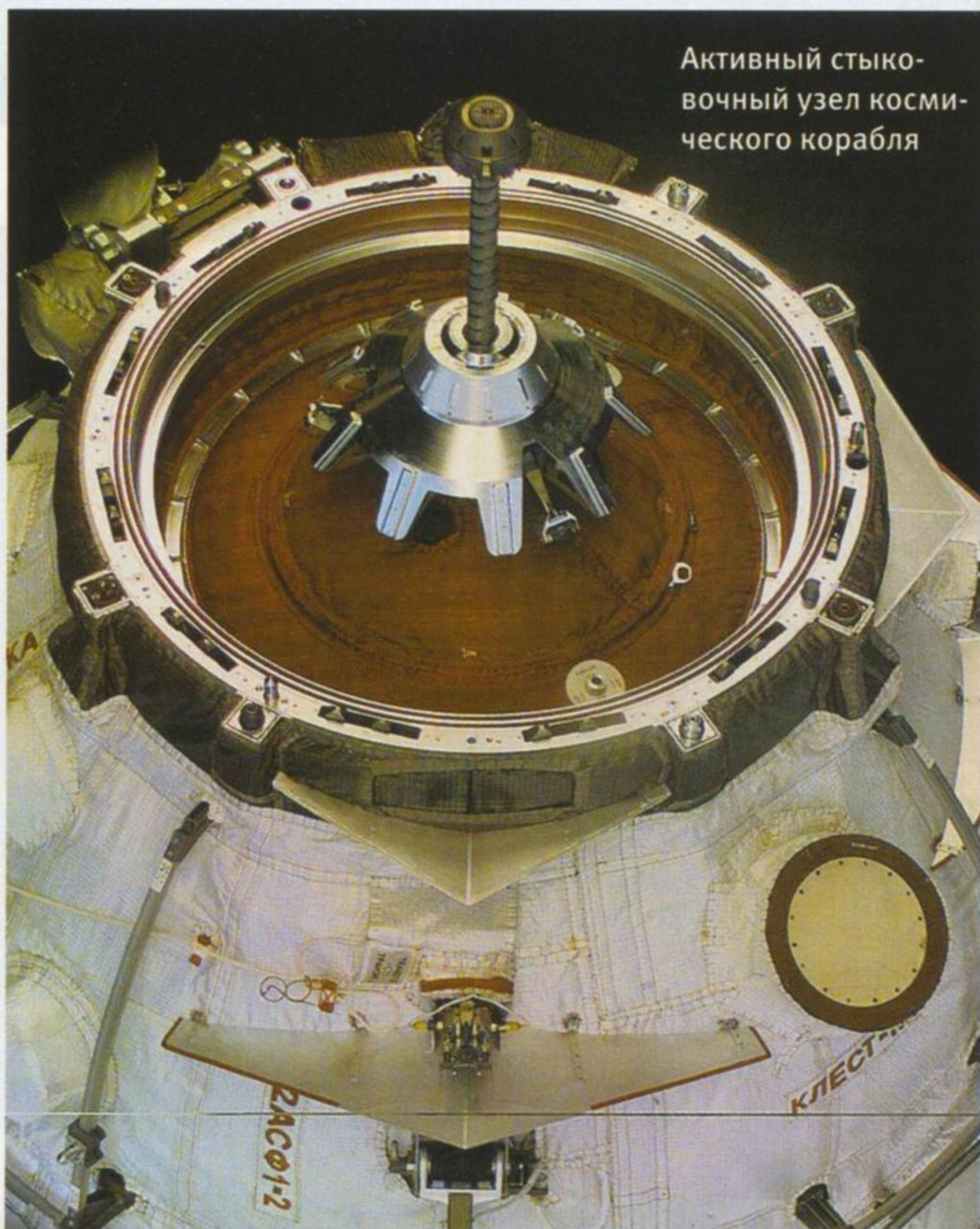
Даже аппарат, собранный на негерметичной платформе, редко выглядит «дырявым». Просветы укрывает многослойная противометеорная и противорадиационная защита. Первый слой при столкновении испаряет метеорные частицы, а последующие рассеивают поток газа. Конечно, от редких метеоритов диаметром в сантиметр такие экраны вряд ли спасут, но от многочисленных песчинок диаметром до миллиметра, следы которых видны, например, на иллюминаторах МКС, защита вполне эффективна.

От космической радиации — жесткого излучения и потоков заряженных частиц — укрывает защитный подбой на основе полимеров. Впрочем, электронику предохраняют от радиации и другими способами. Самый распространенный — применение радиационно стойких микросхем на сапфировой подложке. Однако степень интеграции стойких микросхем много ниже, чем в привычных процессорах и памяти настольных компьютеров. Соответственно параметры такой электроники не очень высоки. К примеру, процессор Mongoose V, управляющий полетом зонда «Новые горизонты», имеет тактовую частоту всего 12 МГц, тогда как домашний десктоп давно оперирует гигагерцами.

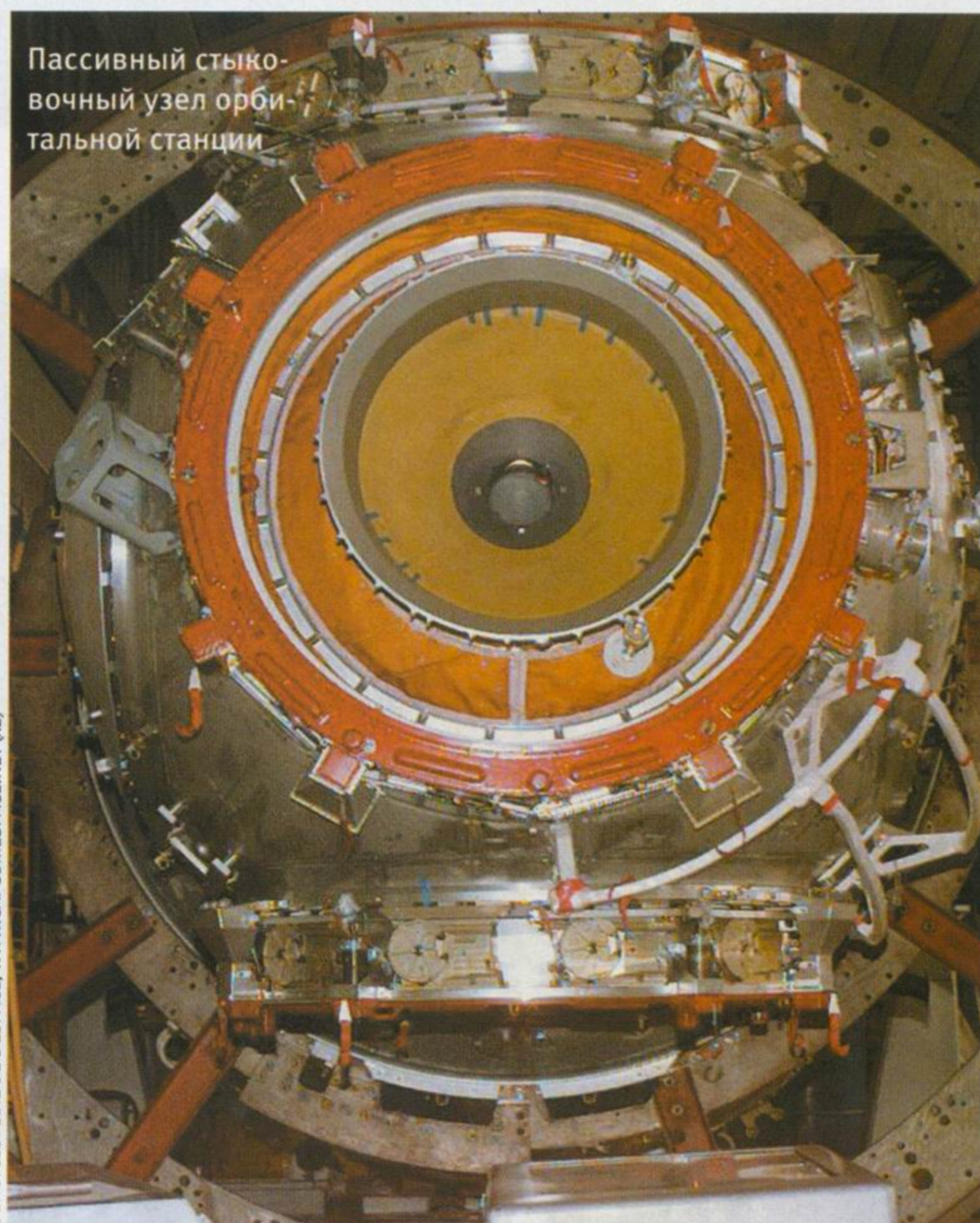
БЛИЗОСТЬ НА ОРБИТЕ

Самые мощные ракеты способны вывести на орбиту около 100 тонн груза. Более крупные и гибко развивающиеся космические сооружения создаются путем объединения независимо запускаемых модулей, а значит, необходимо решить сложную задачу «причаливания» космических аппаратов. Дальнее сближение, чтобы не терять времени, выполняется на максимально высокой скорости. У американцев оно целиком лежит на совести «земли». В отечественных программах за сближение поровну отвечают «земля» и корабль, обеспеченный комплексом радиотехнических и оптических средств для измерения параметров траекторий, относительного положения и движения космических аппаратов. Интересно, что часть аппаратуры системы сближения советские разработчики заимствовали... с радиолокационных головок самонаведения управляемых ракет класса «воздух — воздух» и «земля — воздух».

На расстоянии километра начинается этап наведения на стыковку, а с 200 метров идет участок причаливания. Для повышения надежности используется сочетание автоматических и ручных способов сближения. Сама стыковка происходит на скорости около 30 см/с: быстрее будет опасно, меньше тоже нельзя — могут



Активный стыковочный узел космического корабля



Пассивный стыковочный узел орбитальной станции

L'ENCYCLOPÉDIE DE L'ESPACE, WWW.CAPCOMSPACE.NET (x2)

не сработать замки стыковочного механизма. При стыковке «Союза» космонавты на МКС не ощущают толчка — он гасится всей достаточно нежесткой конструкцией комплекса. Заметить его можно только по дрожанию изображения в видеокамере. Но когда сближаются тяжелые модули космической станции, даже такое медленное движение может представлять опасность. Поэтому объекты подходят друг к другу на минимальной — почти нулевой — скорости, а затем, после сцепления стыковочными агрегатами, производится дожимание стыка путем включения микродвигателей.

По конструкции стыковочные агрегаты делятся на активные («папа»), пассивные («мама») и андрогинные («бесполое»). Активные стыковочные узлы устанавливаются на аппаратах, которые маневрируют при сближении с объектом стыковки, и выполняются по схеме «штырь». Пассивные узлы выполняются по схеме «конус», в центре которого находится ответное отверстие «штыря». «Штырь», войдя в отверстие пассивного узла, обеспечивает стягивание стыкующихся объектов. Андрогинные стыковочные агрегаты, как следует из названия, одинаково хороши и для пассивного, и для активного аппарата. Впервые их применили на космических кораблях «Союз-19» и «Аполлон» во время исторического совместного полета в 1975 году.

ДИАГНОЗ НА РАССТОЯНИИ

Как правило, цель космического полета состоит в получении или ретрансляции информации — научной, коммерческой, военной. Однако разработчиков космических аппаратов куда больше волнует совсем другая информация: о том, насколько хорошо работают все системы, находятся ли их параметры в заданных пределах, были ли отказы. Эта информация называется телеметрической, или по-простому — телеметрией. Она нужна тем, кто управляет полетом, чтобы знать, в каком состоянии находится дорогостоящий аппарат, и бесценна для конструкторов, совершенствующих космическую технику. Сотни датчиков измеряют температуру, давление, нагрузку на несущие конструкции космического аппарата, колебания напряжения в его электросети, состояние аккумуляторов, запасы топлива и многое другое. К этому добавляются данные акселерометров и гироскопов, гиродинов и, конечно, многочисленные показатели работы целевой аппаратуры — от научных приборов до системы жизнеобеспечения в пилотируемых полетах.

Информация, полученная с телеметрических сенсоров, может передаваться на Землю по радиоканалам в режиме реального времени либо накопительно — пакетами с определенной периодичностью. Однако современные аппараты настолько сложны, что даже весьма обширная телеметрическая информация зачастую не позволяет понять, что же случилось с зондом. Так, например,

обстоит дело с первым казахстанским спутником связи «КазСат», запущенным в 2006 году. Спустя два года работы он отказал, и хотя группа управления и разработчики знают, какие системы функционируют нештатно, но вот попытки определить точную причину неисправности и восстановить работоспособность аппарата остаются безрезультатными.

Особое место в телеметрии занимает информация о работе бортовых компьютеров. Их проектируют так, чтобы можно было полностью контролировать работу программ с Земли. Известно немало случаев, когда уже во время полета в программах бортового компьютера исправляли критические ошибки, перепрограммируя его по каналам дальней космической связи. Модификация программ может потребоваться также для «обхода» поломок и сбоя в оборудовании. В длительных миссиях новое программное обеспечение может заметно расширить возможности аппарата, как это было сделано летом 2007 года, когда обновление заметно усилило «интеллект» марсоходов «Спирит» и «Оппортьюнити».

Разумеется, рассмотренными системами далеко не исчерпывается список «космического инвентаря». За рамками статьи остался самый сложный комплекс систем жизнеобеспечения и многочисленные «мелочи», например инструменты для работы в невесомости, и многое другое. Но в космосе мелочей не бывает, и в настоящем полете ничего нельзя упустить. ●