

Глава 7

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ОРБИТАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ

§ 1. Корабли-спутники и орбитальные станции

Как в СССР, так и в США пилотируемые одно-, двух- и трехместные космические корабли-спутники, запускавшиеся с 1961 г., и орбитальные станции выводились на орбиты, лежащие в тонком слое на высотах от 200 до 500 км. Окружающий Землю пояс радиации не позволяет долго находиться на более высоких орбитах, хотя кратковременный вылет из указанного слоя и возможен (в 1966 г. американский корабль «Джеминай» достиг высоты 1370 км). В будущем станет возможным, если понадобится (сейчас неясно зачем), продолжительное пребывание космонавтов и в поясе радиации при условии выведения с кораблем массивной защитной оболочки. Что же касается стационарной орбиты, то человеку, видимо, придется немало на ней потрудиться.

К настоящему времени состоялось уже так много пилотируемых полетов, что нет никакой возможности дать здесь хотя бы сжатую хроннку действий советских и американских космонавтов на околоземных орбитах. Скажем только, что в общей сложности (с учетом двух американских внеатмосферных баллистических полетов типа «прыжка блохи» и полетов на Луну) в космосе побывало до конца 1979 г. 92 космонавта (многие по два или по три раза), в том числе 45 из СССР, 43 из США и по одному из ПНР, ЧССР, ГДР и НРБ (называть пилотов космических кораблей в США принято «астронавтами»; это слово означает совершенно то же, что и термин «космонавты»). Они поднялись в космос на 70 кораблях (39 советских и 31 американском).

Советские космонавты летали на кораблях серий «Восток», «Восход», «Союз» и станциях «Салют», американские — на кораблях серий «Меркурий», «Джеминай», экспериментальных, лунных и транспортных кораблях «Аполлон» и станции «Скайлэб»; два советских и три американских космонавта, участвуя в программе «Союз» — «Аполлон» (1975 г.), встретились на орбите и обменялись рукопожатием внутри состыкованной системы. Фактически научные исследования производились американцами почти исключительно

на станции «Скайлэб», в то время как советские корабли «Союз», превратившиеся в транспортное средство для связи со станциями «Салют», на первоначальном этапе играли роль предтечей орбитальных станций: на их борту проводилась широкая программа научных исследований, на «Союзе-9» в 1970 г. космонавты А. Г. Николаев и В. И. Севастьянов совершили 18-суточный полет. Осуществление в 1969 г. ручной стыковки пилотируемых кораблей «Союз-4» и «Союз-5» создало прообраз сборной станции будущего.

Корабль «Союз» мы видим на рис. 43 в § 7 гл. 5, только в транспортном варианте он обладает активным стыковочным узлом и ему ни к чему панели с солнечными элементами.

Корабль массой 6,8 т, длиной 7,94 м, максимальным диаметром 2,72 м состоит из трех отсеков. *Орбитальный отсек* (объем 6,5 м³) служит местом работы и отдыха космонавтов. Здесь же проводились в прошлом технологические эксперименты. В *спускаемом аппарате* массой 2800 кг экипаж находится не только при возвращении на Землю, но и при выведении на орбиту, в момент стыковки со станцией, вообще при управлении кораблем. В *приборно-агрегатном отсеке* размещены основные служебные системы, обеспечивающие автономный полет, сближение и стыковку, полет вместе с орбитальной станцией и расстыковку. На переходной секции этого отсека находятся 10 двигателей причаливания и ориентации тягой 10 кгс каждый; в герметичной приборной секции — различная аппаратура; в агрегатной — сближающе-корректирующий двигатель, снаружи секции — 4 двигателя причаливания и ориентации (по 10 кгс) и 8 двигателей ориентации (по 1 кгс). При спуске (уже после отделения от станции «Салют») от корабля сначала отделяется орбитальный отсек, затем сообщается тормозной импульс, а перед входом в атмосферу от спускаемого аппарата отделяется приборно-агрегатный отсек. О том, как происходит спуск «Союза», говорилось в § 4 гл. 5¹).

Забегая несколько вперед, расскажем об устройстве еще не упоминавшегося автоматического аппарата.

Грузовой корабль «Прогресс» создан на базе корабля «Союз» и запускается с помощью той же ракеты-носителя. Он совершенно той же длины и диаметра, но в загруженном виде имеет массу 7 т. Корабль состоит из трех отсеков, внешне не отличающихся от отсеков «Союза». В *грузовом отсеке* (объем 6,6 м³) размещаются сухие грузы и запасы воды (всего до 1,3 т), в нем обычный воздух при нормальном давлении. В негерметичном *отсеке компонентов дозправки* установлены два бака с окислителем и два бака с горючим

¹) Об устройстве кораблей «Союз» и «Прогресс» и станции «Салют-5» см. материалы в журнале «Земля и Вселенная» № 5 за 1978 г., а также статью К. П. Феоктистова в брошюре «Современные достижения космонавтики» (№ 12 за 1978 г. серии «Космонавтика, астрономия» издательства «Знание»).

(баки вмещают всего до 1 т топлива), а также механизмы для перекачки содержимого баков в баки станции через два трубопровода, которые проходят через грузовой отсек на внешнюю поверхность стыковочного узла, где помещаются гидроразъемы, стыкующиеся с разъемами орбитальной станции. Корабль — непилотируемый и на Землю не возвращается. После своей разгрузки он заполняется отходами и использованными материалами станции, чтобы затем сгореть в атмосфере.

За период 1971—1977 гг. было выведено на орбиты высотой от 200 до 275 км шесть советских станций «Салют». Уже работа экипажа первой станции «Салют» (1971 г., Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков, В. И. Пацаев) была чрезвычайно успешной. После пребывания экипажа в космосе в течение 23 суток спускаемый аппарат совершил нормальный спуск и плавное приземление, но аварийная разгерметизация его привела к трагической гибели космонавтов. После одного запуска беспилотной станции (1973 г.) произошли успешные полеты станций «Салют-3» (один экипаж в 1974 г.), «Салют-4» (два экипажа в 1975 г.), «Салют-5» (два экипажа — в 1976 и 1977 гг.).

Наконец, 29 сентября 1977 г. была выведена на орбиту станция «Салют-6» очередной модификации.

Орбитальная станция «Салют-6» (рис. 58) вместе с пристыкованными к ней транспортными кораблями имеет массу примерно 32,5 т и длину 29 м. Без кораблей масса собственно станции (*орбитального блока*) после выведения (до прибытия космонавтов и грузов) равна 18,9 т, а ее длина 15 м. Максимальный диаметр станции 4,15 м. Высота рабочей орбиты 350 км, наклонение $51,6^\circ$. Из корабля, пристыкованного к носовой части станции, космонавт проплывает через люк стыковочного узла в *переходный отсек*; затем через люк — в основную часть орбитального блока — *рабочий отсек*, состоящий из зоны малого диаметра (2,9 м), к которой снаружи прикреплены три панели с солнечными элементами, поворачивающиеся относительно отсека, и зоны большого диаметра (4 м), в которую как бы врезана коническая ниша — *отсек научной аппаратуры*, открывающийся в космос (в нем находятся телескопы); далее через люк космонавт попадает в *промежуточную камеру*, которая ведет к люку в заднем стыковочном узле, и космонавт оказывается во втором пристыкованном корабле (как правило, грузовом). Вокруг промежуточной камеры располагается негерметичный *агрегатный отсек*, содержащий 2 корректирующих двигателя, 32 двигателя ориентации, топливные баки, блок компрессоров системы дозаправки (из «Прогресса»).

9 октября 1977 г. был выведен на орбиту корабль «Союз-25», который даже начал причаливание, но стыковка не удалась и корабль сошел на Землю. 10 декабря стартовал и на другой день состыковался со станцией со стороны заднего днища «Союз-26», доставивший первый экипаж — двух космонавтов. Выход в космос показал, что стыковочный узел на переходном отсеке (в носовой

части) вполне исправен, и 11 января 1978 г. к нему пристыковался «Союз-27», доставивший первый гостевой экипаж, возвратившийся на Землю через 5 дней, но не на своем корабле, а в «Союзе-26». Прибывший 22 января грузовик «Прогресс-1» мог, таким образом, пристыковаться на свое место к промежуточной камере со стороны заднего днища. Начался период его разгрузки. 3 марта прибыл второй — интернациональный — гостевой экипаж на корабле «Союз-28»

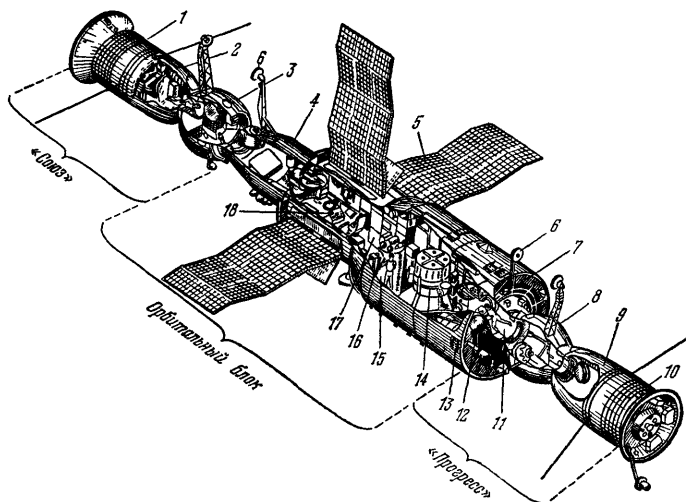


Рис. 58. Орбитальная станция «Салют-6» с пристыкованными транспортными кораблями: 1 — приборно-агрегатный отсек корабля «Союз», 2 — спускаемый аппарат корабля «Союз», 3 — орбитальный отсек корабля «Союз», 4 — переходный отсек станции, 5 — солнечные батареи, 6 — антенны системы сближения, 7 — агрегатный отсек станции, 8 — грузовой отсек корабля «Прогресс», 9 — отсек компонентов дозаправки, 10 — приборно-агрегатный отсек, 11 — промежуточная камера, 12 — корректирующий двигатель орбитального блока, 13 — двигатели ориентации, 14 — отсек научной аппаратуры, 15 — душевая, 16 — фотоаппарат МКФ-6М, 17 — рабочий отсек, 18 — центральный пульт управления.

и, пробыв на станции неделю, возвратился на нем же. 16 марта основной экипаж покинул станцию, пробыв на ней 96 суток. После периода непилотируемого полета на станцию на корабле «Союз-29» прибыл 17 июня 1978 г. второй основной экипаж. 28 июня он принял гостевой, опять интернациональный, экипаж, прибывший на корабле «Союз-30» и через 7 дней на нем же покинувший станцию. Потом были разгрузки «Прогрессов-2, -3», выход в космос и, наконец, прибыл новый гостевой интернациональный экипаж «Союз-31», возвратившийся на Землю в корабле «Союз-29» (читатель сообразит, к каким узлам причаливали корабли). Потом еще был очередной грузовик «Прогресс-4». 2 ноября 1978 г. второй основной экипаж покинул станцию и возвратился на Землю после 140 суток полета.

25 февраля 1979 г. стартовал корабль «Союз-32», доставивший на станцию «Салют-6» третий основной экипаж (В. А. Ляхов,

В. В. Рюмин), начавший свою беспрецедентную полугодовую работу. 14 марта на станцию прибыл грузовой корабль «Прогресс-5». Были произведены ремонтные работы, при которых от топлива был освобожден один из баков станции. После отделения «Прогресса-5» была предпринята доставка на станцию интернационального гостевого экипажа в корабле «Союз-33», но стыковка не удалась из-за сбоя в работе сближающе-корректирующей двигательной установки, и этот экипаж возвратился на Землю. Через месяц прибыл грузовик «Прогресс-6». С помощью его двигателя было совершено три коррекции орбиты. После расстыковки «Прогресса-6» со станцией его место на заднем стыковочном узле занял в тот же день 8 июня беспилотный корабль «Союз-34». 13 июня от станции отделился корабль «Союз-32», который увез на Землю научные материалы и часть отслужившей аппаратуры для ее исследования. На другой день была совершена перестыковка корабля «Союз-34» к переднему узлу. Для этого после отстыковки и небольшого отхода корабля станция, совершив поворот на 180° , повернулась к нему передним стыковочным узлом. 30 июня к узлу, который освободил «Союз-34», пристыковался грузовик «Прогресс-7», доставивший среди прочего на станцию в сложенном виде радиотелескоп КРТ-10 с 10-метровой антенной. После отстыковки этого грузового корабля в отверстие узла была просунута антенна радиотелескопа и ее сетчатая поверхность развернута в пространстве подобно зонту. Незадолго до возвращения экипажа на Землю случилось непредвиденное: отстреленная антенна зацепилась за наружные детали станции. Понадобилась нестандартная («нештатная») операция — выход в космос обоих космонавтов, чтобы отцепить антенну. Через 5 дней после этого — 19 августа 1979 г. — экипаж возвратился на Землю, пробыв в космосе 175 суток — время, еще недавно считавшееся невероятно продолжительным.

Отслужившие в качестве пилотируемых объектов орбитальные станции «Салют» еще какое-то время используются как автоматические научные станции, а потом вводятся в атмосферу с таким расчетом, чтобы падение их обломков (столь крупные объекты не сгорают целиком в атмосфере) произошло в отдаленных от морских путей районах Мирового океана.

Единственной американской орбитальной станцией была выведенная 14 мая 1973 г. на орбиту высотой 435 км и наклоном 50° станция «Скайлэб», массой 77 т (включая 26 т расходимых запасов). Ракетой-носителем служила «укороченная» лунная ракета «Сатурн-5» (ее две первые ступени). Станция состояла из следующих четырех основных частей (рис. 59):

1) главный блок длиной 15 м и диаметром 6,5 м, представляющий собой переоборудованную третью ступень S-IVB ракеты «Сатурн-5» (см. § 5 гл. 12), водородный бак которой разделен решетчатой перегородкой на лабораторный (передний) и бытовой (задний)

отсеки; решетка служила полом для обоих отсеков (космонавты ходили по нему, цепляясь за ячейки каблуками ботинок);

2) универсальный стыковочный переходник с двумя причалами — продольным и запасным поперечным, содержащий пульт управления различными бортовыми системами;

3) шлюзовая камера с люком для выхода в открытый космос, содержавшая также некоторые вспомогательные системы;

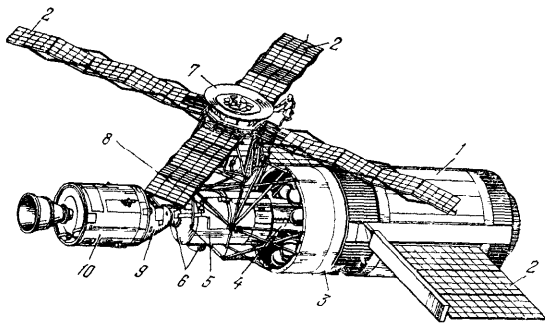


Рис. 59. Орбитальная станция «Скайлэб» с пристыкованным транспортным кораблем: 1 — главный блок станции, 2 — панели с солнечными элементами, 3 — приборный отсек, 4 — шлюзовый отсек, 5 — стыковочный отсек, 6 — стыковочные узлы, 7 — астрономический блок, 8 — система его крепления, 9 — командный отсек основного блока корабля «Аполлон», 10 — его служебный отсек.

4) астрономический блок, содержавший главным образом телескопы для наблюдения Солнца, с собственной энергетической установкой и силовыми гироскопами системы стабилизации (точность системы 2,5"); блок управлялся дистанционно из стыковочного переходника; он был спроектирован на базе взлетной ступени лунного посадочного отсека корабля «Аполлон».

Вместе с пристыкованным транспортным трехместным кораблем «Аполлон» станция обладала массой 90 т и имела в длину 35 м. Корабль запускался с помощью ракеты «Сатурн-1В». С 25 мая 1973 г. по 16 ноября 1974 г. на станции побывало порознь три экипажа (всего 9 человек), пробывших на ней 29, 59 и 84 суток. Первый экипаж был вынужден провести наружный ремонт станции: помог развернуться одной из солнечных панелей (вторая обломилась при запуске и заклинила первую) и установил наружный экран, чтобы избавиться от перегрева жилых помещений. В последующие годы из-за завышенной солнечной активности, вызвавшей увеличение плотности верхней атмосферы, станция, находившаяся в положении «спицы в колесе» (см. § 11 гл. 5), стала быстро терять высоту. В июле 1978 г. была предпринята попытка продлить ее существование до момента, когда космический самолет «Шатл» сможет в 1980 г. доставить на нее блок двигателей для подъема орбиты или для точного сброса станции в океан. «Скайлэб» был с помощью маховиков развернут так, что стал двигаться подобно «копыю» причалами вперед.

В ноябре 1978 г. станция была развернута на 180° (причалами назад), чтобы улучшить согревание смазочного масла маховиков, которые могли бы еще понадобиться, если бы станция потеряла свое неустойчивое положение «копья». Но технические осложнения с «Шатлом» и быстрое опускание орбиты «Скайлэба» вскоре заставили махнуть на станцию рукой. «Скайлэб» вошел в плотные слои атмосферы и стал разваливаться на части 11 июля 1979 г. (первыми на высоте 110 км отвалились солнечные батареи). На последнем витке, изменив с помощью системы ориентации положение «спицы в колесе» на положение «копья», специалистам NASA удалось на 30 минут продлить жизнь станции, заставив ее пылающие осколки (полагают, что их было примерно 500) упасть не на Северную Америку, а в Индийский океан. Фактически часть их упала в Западной Австралии.

Дальнейшее развитие орбитальных станций должно состоять, как это предвидел еще К. Э. Циолковский, в создании сборных конструкций, монтируемых из блоков, доставляемых с Земли отдельными носителями. Блоками могут служить и последние ступени ракет-носителей, в опустевших баках которых можно размещать различное оборудование и даже жилые отсеки. В свое время разрабатывался «сырой» вариант запуска «Скайлэба», в котором главный блок станции выходил на орбиту в качестве действующей второй ступени S-IVB ракеты «Сатурн-IB», а другие подобные же ракеты выводили остальные блоки.

§ 2. Роль орбитальных станций

Экипажи орбитальных станций проводят научные исследования и наблюдения Земли, программы которых аналогичны программам автоматических спутников, хотя могут и не совпадать с ними полностью. Главное преимущество человека перед автоматом — гибкость, возможность быстрого внесения необходимых изменений в программу работ. Однако их конкуренция с автоматическими спутниками отягощена обязательным присутствием на борту станций сложных, массивных, дорогостоящих систем обеспечения и специальных приспособлений, помогающих членам экипажей сохранить свою физическую форму и здоровье. Поэтому спутники-автоматы с их огромным разнообразием орбит и составов аппаратуры не только сохранятся в будущем наряду с орбитальными станциями, но и, надо думать, будут превалировать (коль скоро человечество еще не собирается переселяться в космическое пространство), превратившись в автоматические комплексы, время от времени посещаемые людьми.

Есть нечто, что до сих пор оказалось возможным именно на борту орбитальных станций. Это *технологические эксперименты*, успешно проводившиеся и на «Союзах», и на «Салютах», и на «Скайлэбе». В конечном счете возникнет новая отрасль производства —

орбитальная технология, которая будет использовать главным образом свойство невесомости¹⁾). Можно будет получать бездефектные кристаллы и сплавы, особо прочные композиционные материалы, особенно чистое оптическое стекло (для мощных лазеров), волоконные светопроводы высокого качества, неразъемные соединения (получаемые в результате космической сварки и плавки), полупроводниковые материалы (в частности, кристаллы больших размеров), медицинские препараты очень высокой очистки (по прогнозам к 2000 г. в космосе будет производиться в год до 30 т ферментов, вакцин и т. п.) [2.35]. Высказывалось предположение, что удастся производить некоторые лекарства в больших количествах благодаря тому, что, как показали биоспутники, в невесомости бактерии очень быстро размножаются.

Естественно думать, что зародившаяся на пилотируемых объектах космическая технология, превратившись в отрасль промышленности, будет далее развиваться в больших автоматизированных орбитальных комплексах.

Поговаривают о возможности использования орбитальных станций в качестве космических больниц, так как, по-видимому, невесомость может оказать благоприятное влияние на лечение некоторых болезней [2.36].

Наконец, орбитальные станции смогут служить в будущем учебными центрами для подготовки пилотов межпланетных кораблей. Некоторым из них суждено в конце концов превратиться в подвижные стартовые платформы — космопорты для рейсов к Луне и планетам.

§ 3. Искусственная тяжесть

Несмотря на то только что описанную полезность невесомости, этот фактор заведомо должен оказаться вредным по крайней мере для некоторых видов деятельности на орбите в будущем. Но самое главное, существуют серьезные опасения в отношении вредного воздействия долговременной невесомости на человеческий организм, хотя полугодовой полет советских космонавтов и доказывает, сколь многого можно добиться постоянными тренировками. Так или иначе, а создание искусственной тяжести сможет нас выручить, если понадобится.

Казалось бы, простейшим методом создания искусственной тяжести может служить включение бортового ракетного двигателя, но расчеты по формуле Циолковского (§ 1 гл. 1) показывают, что для этого необходимо иметь на борту станции непомерно большое ко-

¹⁾ С вакуумом дело обстоит хуже, так как не обеспечивается чистота станции, окружена всегда облаком газа, благодаря утечке его из внутренних частей, и частиц, возникших из-за эрозии оболочки.

личество топлива. Например, если мы желаем только в течение часа поддерживать на борту станции постоянную перегрузку с коэффициентом единица (т. е. нормальную силу тяжести), то при топливе, обеспечивающем скорость истечения 3 км/с, его количество должно в 130 000 раз превышать массу самой станции и даже в случае половинной силы тяжести или полной, но в течение получаса — в 360 раз! Мы не говорим уже о том, что всякое включение двигателя привело бы к изменению орбиты.

Ракетный метод создания искусственной тяжести применяется на практике лишь для того, чтобы создать на короткое время с помощью вспомогательных двигателей небольшую перегрузку (меньше единицы) и обеспечить тем самым работу маршевых двигателей ракеты-носителя после, например, пассивного участка полета при выведении спутника на орбиту («гравитационная осадка» топлива).

Реальный метод создания искусственной тяжести заключается в приведении станции во вращение вокруг оси, проходящей через центр масс. Для этого достаточно создать «пару сил» с помощью двух двигателей небольшой тяги, которые раскрутят станцию до необходимой угловой скорости и затем выключатся. Угловая скорость будет далее оставаться практически неизменной, если только внутри станции расстояния крупных масс от оси вращения не будут существенно изменяться, если прибывающие на станцию корабли будут причаливать только вблизи оси вращения и т. п.

На отдельные тела на борту станции будут действовать центробежные силы, прижимающие их изнутри к отдаленной от оси стенке станции и тем самым обеспечивающие ощущение тяжести (указанная опора будет играть роль пола). Ускорение искусственного поля сил тяжести будет при этом равняться $\omega^2 r$, где ω — угловая скорость вращения, r — расстояние тела до оси вращения. Направления кажущихся вертикалей будут при этом не параллельны, так как они пересекаются на оси вращения. Это будет особенно заметно, если длина помещения на станции того же порядка, что и расстояние до оси вращения. Из трех человек, изображенных на рис. 60, а стоящими на плоском полу, двум крайним будет казаться, что они на наклонной плоскости. Поэтому пол следует делать вогнутым. Естественно придать орбитальной станции форму колеса, в «ободу» которого размещаются жилые кабины с искусственной тяжестью, а во «втулке», к которой причаливают прибывающие корабли, царит невесомость. Подобные формы станций («колесо», «кольцо», шестиугольник) предлагались в большинстве проектов.

При перемещениях людей и предметов на борту орбитальной станции будут наблюдаться из-за ее вращения своеобразные явления, описываемые возникновением так называемой *кориолисовой силы*. При любом перемещении, происходящем не в направлении, параллельном оси вращения станции, на предмет будет действовать дополнительная сила, во многих случаях приводящая к боко-

вому сносу. Кориолисова сила может затруднить передвижения космонавтов, вызвать неприятные ощущения при вращении головой и т. д. Космонавты на плоском полу на рис. 60, а при передвижении почувствовали бы боковой снос, но если бы они бежали по внутренней поверхности цилиндра (см. рис. 60, а) в каком угодно направлении, то только теряли бы или прибавляли в весе (в зависимости от направления); при быстром беге влево могли потерять вес совсем, оторваться от пола и полететь ... до встречи с полом или со стенкой.

Улучшить «качество» искусственной тяжести можно уменьшением угловой скорости вращения (кориолисова сила пропорциональна угловой скорости), а чтобы при этом искусственная сила

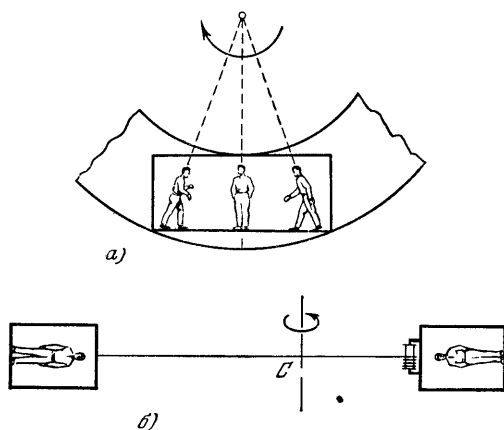


Рис. 60. Искусственная тяжесть: а) в колесообразной вращающейся станции; б) в блоках, связанных тросом и вращающихся вокруг общего центра масс С.

тяжести не уменьшилась, придется увеличить расстояние до оси вращения. Однако создавать колесообразные станции с поперечником в сотни метров неразумно. Проще соединить длинным тросом два космических корабля и привести их во вращение (рис. 60, б) ¹⁾.

Изменение длины троса (с помощью, например, лебедки) позволит регулировать искусственную силу тяжести. В частности, таким путем можно будет создавать на спутнике «марсианскую» или какую-нибудь иную тяжесть. В первом случае достаточно при угловой скорости ω подобрать такую длину троса, чтобы соблюдалось условие $\omega^2 r = 0,38 g$ ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$) ²⁾.

¹⁾ Этот метод был впервые предложен, по-видимому, А. А. Штернфельдом.

²⁾ Детальное изложение вопросов искусственной тяжести см в брошюре [2.37].

Постоянное вращение орбитальных станций несет в себе много неудобств. Сильно затруднены астрономические наблюдения, превращается в серьезную проблему причаливание к станции транспортных кораблей. В опубликованных американских проектах

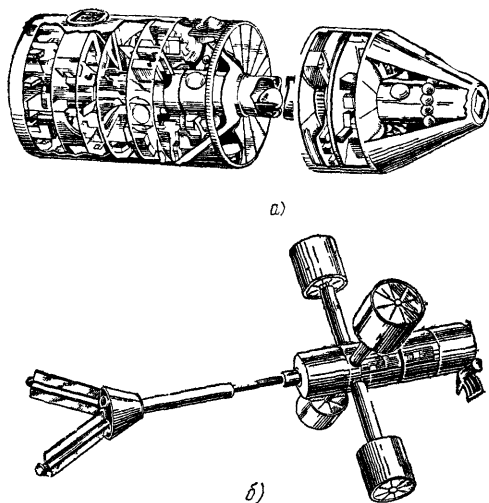


Рис 61 Долговременные орбитальные станции с искусственной тяжестью, а) проект фирмы MDD станции на 12 человек, б) проект фирмы NAR станции на 50 человек

вращение рассматривалось иногда, как временная мера (рис. 61, а — часть станции выдвигается перед вращением; на разных палубах — разная тяжесть) для экспериментальных целей или как постоянный фактор (рис. 61, б — четыре жилых блока станции сборной конструкции вращаются вокруг ее оси симметрии) [2.38].

§ 4. Многоразовый транспортный космический корабль (МТКК)¹⁾

Этот корабль должен представлять собой *орбитальный самолет*, который если и будет стартовать вертикально, наподобие ракеты (в начале полета мала подъемная сила), то садиться будет горизонтально на беговую полосу, обладая крыльями. Большая скорость спуска должна обеспечивать хорошую маневренность и большую

¹⁾ Текст §§ 4,5 составлен из неизмененных фрагментов брошюры автора «Транспортные космические системы» [2 39] (в 1979 г. в ГДР вышел перевод ее на немецкий язык, дополненный автором) Читатель, желающий расширить свои познания, может обратиться также к обзорным изданиям ВИНТИ «Ракетостроение», т 7 (1976), т 8 (1978) и выпускам экспресс-информации «Астронавтика и ракетодинамика» за 1970—1978 гг.

боковую дальность. Нижняя, разгонная, ступень должна также обладать крыльями или опускаться на парашютах. Она может представлять собой обычную ракету, к которой орбитальная ступень прикреплена в носовой части наподобие полезной нагрузки или сбоку. Многочисленные варианты МТКК разрабатывались в США в 60-х годах.

Соображения экономической целесообразности заставили в конце концов остановиться на схеме двухступенчатого МТКК, получившего название «Шатл» (Shuttle — «челнок», а также «паром») или «Спейс шатл» (Space Shuttle — «космический челнок», «космический паром»).

На рис. 62 указаны габариты «Шатла» в целом, а на рис. 63 размеры орбитальной ступени (по данным на февраль 1976 г.). Как видим, устройство этой ракетно-космической системы довольно необычно. Маршевые ЖРД второй ступени питаются топливом из огромного внешнего топливного бака (диаметр 8,4 м), напоминающего ракету. Он содержит отсек с кислородом (впереди) и отсек с водородом. Стартовые массы: всего МТКК (без полезной нагрузки) 2020 т, разгонной ступени (двух РДТТ) — 1160 т; внешнего бака — 736 т (в том числе 708 т топлива); орбитальной (крылатой) ступени — 114 т (сухая масса — 68 т).

Суммарная стартовая тяга двух РДТТ разгонной ступени 23140 кН при скорости истечения 2,4 км/с; суммарная тяга трех маршевых ЖРД орбитальной ступени, имеющих карданные подвесы, на уровне моря 5000 кН, а скорость истечения — 3,63 км/с (в пустоте 4,52 км/с). Маневрирование на орбите осуществляется с помощью двух ЖРД тягой 26,7 кН каждый при скорости истечения 3 км/с (монометилгидразин и четырехокись азота). Запас топлива внутри орбитальной ступени (без дополнительных баков) соответствует характеристической скорости 300 м/с при нагрузке 29,5 т. Сорок ЖРД ориентации (16 в переднем блоке, по 12 в двух задних) имеют тягу по 3,87 кН и шесть по 111 Н (то же топливо).

Сообщались следующие данные о полезной нагрузке. При запуске с мыса Канаверал когда запуск происходит точно на восток (наклонение орбиты 28,5° — широта мыса Канаверал) — 29,5 т на круговой орбите высотой 400 км; при наклонении 53° — 11,3 т на высоте 400 км; без полезной нагрузки и запуске на восток — круговая орбита высотой 550 км. При запуске на юг с базы ВВС Ванденберг (западное побережье США)¹⁾: 18,2 т на круговой орбите высотой 275 км. Полезная нагрузка помещается в специальном негерметизированном грузовом отсеке длиной 18,3 м и диаметром 4,6 м (объем 365 м³). Члены экипажа могут проникнуть в него из кабины через шлюзовую камеру.

¹⁾ Запуски с мыса Канаверал допускают наклонения от 28,5 до 57°, а запуски с базы Ванденберг — от 56 до 104°

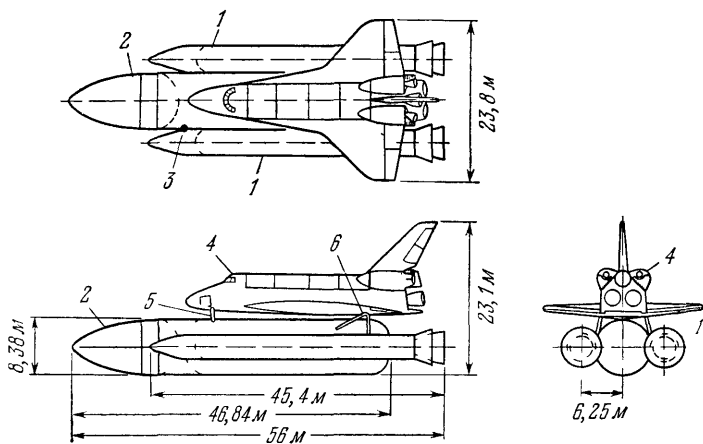


Рис 62 Корабль «Шатл» в трех проекциях 1 — РДТТ разгонной ступени (диаметр 3,7 м), 2 — внешний кислородно водородный топливный бак орбитальной ступени (диаметр 8,4 м), 3 — стыковой узел крепления РДТТ к внешнему баку, 4 — орбитальная ступень, 5 — передний узел крепления орбитальной ступени к внешнему баку, 6 — задний узел крепления

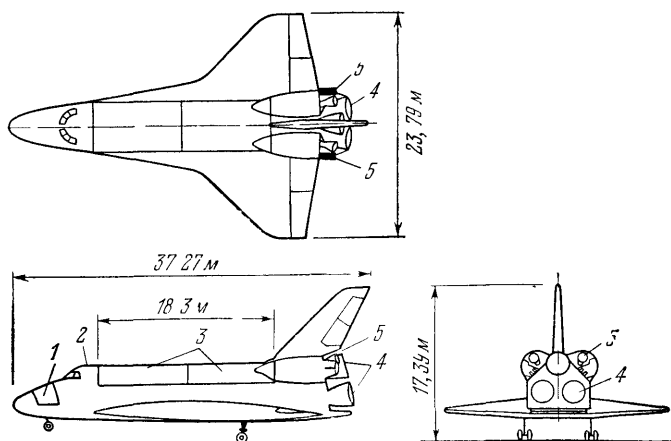


Рис 63 Орбитальная ступень «Шатл» в трех проекциях 1 — передний блок ЖРД ориентации, 2 — кабина, 3 — створки грузового отсека, 4 — три маршевых ЖРД, 5 — два задних блока (гондолы) ЖРД орбитального маневрирования и ориентации

Энергетические характеристики МТКК могут быть улучшены, если занять часть грузового отсека под дополнительные комплекты (до трех комплектов) баков топлива для ЖРД орбитального маневрирования. Каждому комплекту соответствует увеличение характеристической скорости на 152 м/с. С этими тремя комплектами МТКК может доставить 11,0 т на круговую орбиту высотой 1120 км при запуске в восточном направлении с мыса Канаверал или выйти на 1020-километровую круговую орбиту без полезной нагрузки при запуске на юг с базы Ванденберг.

Масса полезной нагрузки, возвращаемой с орбиты на Землю — до 14,5 т.

Рассмотрим примерную схему полета «Шатла» (отдельные операции обозначаются в скобках цифрами, соответствующими позициям на рис. 64).

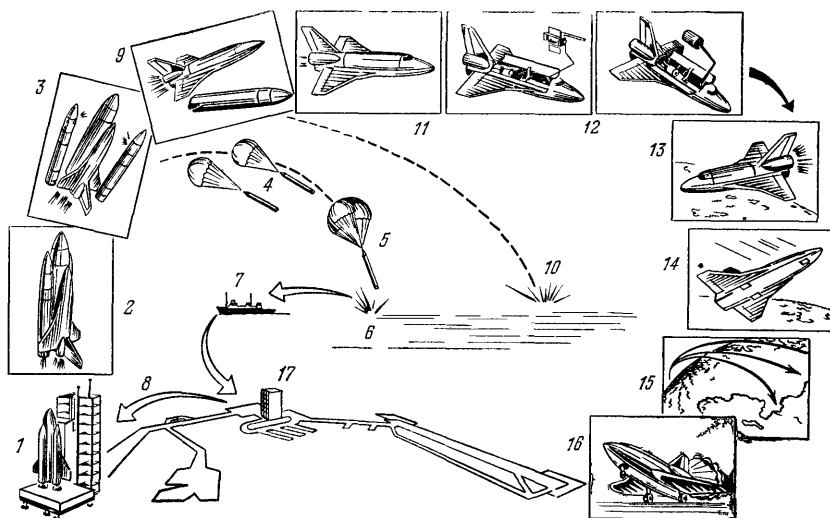


Рис 64. Схема операций корабля «Шатл»

МТКК стартует (1) вертикально при одновременно работающих двух РДТТ и трех маршевых ЖРД. Через 6 с (2) начинается разворот по крену («запрокидывание на спину») и отклонение от вертикали. Примерно через 125 с, на высоте 43 км, при скорости 1440 м/с и наклоне траектории к горизонту 28° отделяются пустые корпуса РДТТ (3), которые спускаются в океан на парашютах (4—6, допустима скорость удара 24 м/с) и затем отбуксировываются (7) к стартовому-посадочному комплексу для повторного (до 100 раз) использования (8). Через 8 мин после старта, когда до выхода на орбиту недостает примерно 30 м/с, маршевые ЖРД выключаются и еще через 23 с отделяется опустевший внешний топливный бак и после этого включа-

ются ЖРД орбитального маневрирования (9). Бак падает в удаленный район Индийского океана и гибнет (10)¹⁾. Через примерно 11 мин после старта орбитальная ступень на высоте 120 км переходит на эллиптическую орбиту перехода (11). Затем импульс в апогее переводит МТКК на круговую орбиту. Орбитальные операции (12) продолжаются от нескольких часов до месяца. Перед сходом с орбиты орбитальная ступень поворачивается хвостом вперед и ЖРД орбитального маневрирования сообщают ей тормозной импульс (13). Затем ступень снова разворачивается, и вход в атмосферу происходит под углом $0,8^\circ$, но с большим углом атаки (14), со скоростью 8 км/с. Далее осуществляется боковое маневрирование в пределах полосы шириной 2000 км (15). На высоте 21 км начинается конечный участок спуска с примерно постоянной скоростью (560—610 км/ч). Через 3,5 мин на расстоянии 11 км от посадочной полосы, на высоте 3 км при скорости 536 км/ч начинается заход на посадку. Посадочная скорость составляет 322 км/ч (16). Через 14 суток (160 рабочих часов) после ремонта (17) орбитальная ступень должна быть готова к новому полету. Она должна использоваться до 500 раз (после 100 полетов — капитальный ремонт).

Экипаж «Шатла» (3 человека) находится во время работы на верхней палубе трехпалубной кабины. На средней палубе находится жилая зона, а также помещены дополнительные кресла на случай, когда в полете примут участие ученые и инженеры, не проходящие специальной подготовки (среди них предполагаются и женщины). Никому не придется при выведении испытывать перегрузки более 3,2 (при спуске еще меньше). На нижней палубе размещена система жизнеобеспечения.

По данным на конец 1979 г. первый экземпляр «Шатла», носящий собственное имя «Колумбия», впервые выйдет на орбиту во второй половине 1980 г. На программу создания «Шатла» должно было быть израсходовано 5,6 млрд. долл. Стоимость выведения 1 кг полезной нагрузки оценивается в 370 долл. Постепенно будут изготовлены четыре экземпляра «Шатла», которые, по планам 1977 г., за период 1980—1991 гг. совершат 560 полетов.

Существуют различные проекты совершенствования «Шатла» — орбитального самолета первого поколения, чья конструкция соответствует скорее располагаемым ассигнованиям, чем действительным экономическим требованиям и перспективам завтрашнего дня космонавтики. Следует прежде всего добиться спасения всех частей корабля, сделав, например, крылатой первую ступень. Цель — уменьшить стоимость выведения 1 кг на орбиту до 200 долл. и ниже, даже до 65 долл. Рассматриваются и варианты непилотируемых МТКК.

¹⁾ Стоимость бака составляет 1,8 млн. долл., в то время как стоимость одного рейса орбитального самолета будет равна 10,5 млн. долл.

Более смелые проекты предусматривают создание одноступенчатого орбитального самолета, возможно, дозаправляющегося в воздухе или стартующего горизонтально с использованием разгонной тележки. Все это требует дальнейшего совершенствования ракетного двигателестроения. К сожалению, использование воздушно-реактивных двигателей сопряжено с опасностью для окружающей среды, да и других трудностей более чем достаточно.

§ 5. Межорбитальный транспортный аппарат

Конструкция МТКК очень сильно бы усложнилась, если бы он проектировался с расчетом на достижение больших высот, скажем высоты стационарной орбиты. Для «Шатла» предельная высота составляет 1100—1300 км, причем с существенно уменьшенной полезной нагрузкой. Для обслуживания больших высот естественно занять основную часть грузового отсека ракетным аппаратом с присоединенной к нему полезной нагрузкой. Это и есть *межорбитальный транспортный аппарат* (МТА), или *космический буксир*.

Из открывшегося грузового отсека «Шатла» МТА вынимается манипулятор, после чего корабль отходит на 1 км. МТА может стабилизироваться по трем осям или вращением. В первом случае американские специалисты рассчитывают придать ему нужную ориентацию под контролем с Земли, во втором он раскручивается еще в грузовом отсеке, перед чем «Шатл» сам ориентируется необходимым образом.

Траектории МТА для выведения спутника на ту или иную орбиту или встречи со спутником не отличаются от оптимальных траекторий § 2,6 гл. 5. Но если мы хотим, чтобы МТА мог повторно использоваться, он должен вернуться на базовую орбиту, чтобы там заправиться топливом для нового полета. Траектория возвращения должна быть симметрична траектории полета туда, т. е., например, при возвращении со стационарной орбиты она представляет собой пунктирную полуэллиптическую траекторию 2 на рис. 35 в § 2 гл. 5. Второй тормозной импульс должен сообщаться в момент достижения базовой орбиты 1 (рис. 35). Суммарная характеристическая скорость всей операции, которой суждено, очевидно, стать стандартной, равна удвоенной скорости перехода с орбиты 1 на стационарную орбиту 3 (рис. 35), а именно 8,5 км/с, если базовая орбита имеет высоту 200 км и наклонение 28,5°. Это вовсе немало. Поэтому применение в МТА (вдали от земной поверхности) твердофазных ЯРД со скоростью истечения 8÷10 км/с делается очень желательным [2 40].

Размеры собираемых на орбите МТА в будущем смогут превысить размеры орбитальных самолетов. Весьма перспективно применение на МТА электрических двигателей и солнечного паруса (вспомним § 8, 10 гл. 5). Первый эксперимент по разворачиванию солнечного

паруса американскими космонавтами на борту «Шатла» намечался на 1980 г. Некоторые МТА будут предназначены для сообщения полезным нагрузкам скоростей, превышающих вторую космическую [2.41]. Конечно, МТА при этом будут покидать сферу действия Земли. Но если МТА сообщит только часть необходимого приращения скорости, разогнавшись до несколько меньшей, чем вторая космическая, скорости (предоставив сделать остальное бортовому двигателю межпланетной станции), то, залетев за орбиту Луны (хотя бы по траектории 4 на рис. 17 в § 5 гл. 2), он сможет вернуться на базовую орбиту, затратив в общей сложности характеристическую скорость 6 км/с.

Первый американский многоразовый непилотируемый МТА, вероятно вступит в строй не ранее конца 1983 г. До этого в США

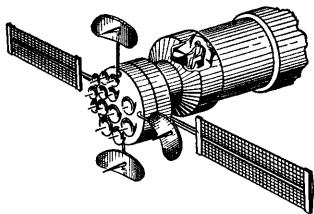


Рис. 65 Проект пилотируемого МТА

будут использоваться в качестве одноразовых МТА верхние ступени существующих ракет-носителей «Центавр», «Алжена», «Бёрнер-2», «Транстейдж» или созданный на основе одной из них временный многоразовый МТА. В многочисленных проектах последнего времени фигурируют космические буксиры, разрабатываемые фирмой «Боинг» в нескольких модификациях (различное число ступеней), использующих РДТТ. Позже будет создан пилотируемый МТА. Американский проект такого МТА с экипажем из 4 человек показан на рис. 65.

§ 6. Эксплуатация многоразовых транспортных аппаратов

Одна из главных задач МТКК и МТА — обслуживание автоматических спутников. Американское ведомство NASA надеется, что при каждом полете «Шатла» его грузовой отсек будет использован до отказа. Например, в нем может помещаться новый спутник и специальные модули для замены в другом спутнике неисправных. Ремонт происходит так. «Шатл» останавливается на расстоянии 9 м от спутника и стабилизируется относительно него с помощью системы ориентации: затем управляемый из кабины манипулятор захватывает спутник и пристыковывает его к находящемуся в грузовом отсеке механизму автоматической замены модулей, а после ремонта отпускает его. Операция требует стандартизации конструкций и оборудования спутников.

Во многих случаях ремонт будет производиться на Земле, куда спутник будет доставляться с орбиты орбитальным самолетом. Ожидается, например, что спутник «Космический телескоп» (см. § 2 гл. 7) будет в течение 15 лет службы дважды возвращен на Землю и трижды обслужен космонавтами «Шатла» на орбите.

Другая важная задача МТКК — доставка на орбиту и возвращение на Землю экипажей орбитальных станций. Но и сам МТКК может играть роль временной орбитальной станции, если в его грузовой отсек поместить, как предусмотрено в проекте «Шатл», специальный блок — космическую лабораторию «Спейслэб», разрабатываемую в основном западноевропейскими странами (главным образом ФРГ). Масса блока не более 11,34 т (необходим резерв для возвращения спутников с орбиты). Он рассчитан на 5 лет эксплуатации и должен совершить 50 полетов продолжительностью до трех недель. Будет изготовлено несколько летных экземпляров блока. Работающие в блоке специалисты отдыхают и принимают пищу в кабине «Шатла», а в блок проникают через эластичный лаз. Лаз и часть блока герметизированы.

С помощью одного или нескольких МТКК могут производиться разнообразные монтажные работы в космосе.

17 рейсов «Шатла» достаточно для сборки из стандартных блоков (в основном длиной 8,8 м и диаметром 4,2 м) долговременной орбитальной станции массой 110,8 т с экипажем 12 человек (рис. 66; в недостроенном виде, после 8 запусков, в ней могут жить 6 человек). Каждый новый блок пристыковывается к станции манипулятором «Шатла», а сам «Шатл» тоже пристыковывается к ней на время. Работы по этому проекту были прекращены из-за сокращения ассигнований.

Обсуждался в США проект создания в 1982 г. долговременной орбитальной станции на базе переоборудованного внешнего топливного бака (объем 480 м³) орбитальной ступени «Шатла», который мог бы выйти на орбиту вместо того, чтобы упасть в океан. В его небольшой отгороженной носовой части еще на Земле размещается оборудование — единственная полезная нагрузка в рейсе. Другим рейсом доставляется энергетический блок.

Многokrатно предлагалось использовать МТКК для сборки большого космического радиотелескопа. Конструкция зеркала радиотелескопа размерами в сотни метров и километры должна сохранять прочность и жесткость с учетом воздействия светового давления и градиента гравитации. В 1978 г. опубликован детально разработанный проект большого коллектива советских авторов [2.42]. Предлагается создать на высокой орбите, например стационарной, «непрерывно наращиваемый» космический радиотелескоп (КРТ), зеркало которого может иметь диаметр до 20 км (при еще большем диаметре недопустимо возрастет деформации от

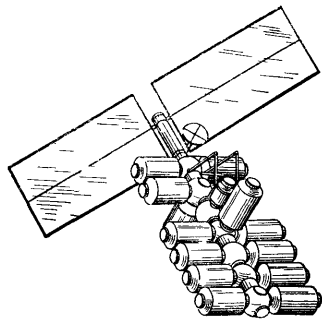


Рис 66 Проект блочной орбитальной станции на 12 человек. (США)

градиента гравитации даже на такой высокой орбите, как стационарная). КРТ собирается из шестиугольных модулей размером 200 м, каждый из которых в отдельности уже может играть роль КРТ. Модуль представляет собой шестиугольный каркас массой 4 т, состоящий из треугольных ячеек размером 15 м, содержащих в свою очередь треугольные ячейки из стержней длиной около 2 м; на каркасе крепится отражающая поверхность той же массы из шестиугольных плоских пластин. Модули в сложенном виде собираются на низкой орбите в «поезда» с помощью специального орбитального буксира и в таком виде переводятся непилотируемым МТА с ядерной электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ) на орбиту высотой не менее 10 000 км (для КРТ диаметром 1 км).

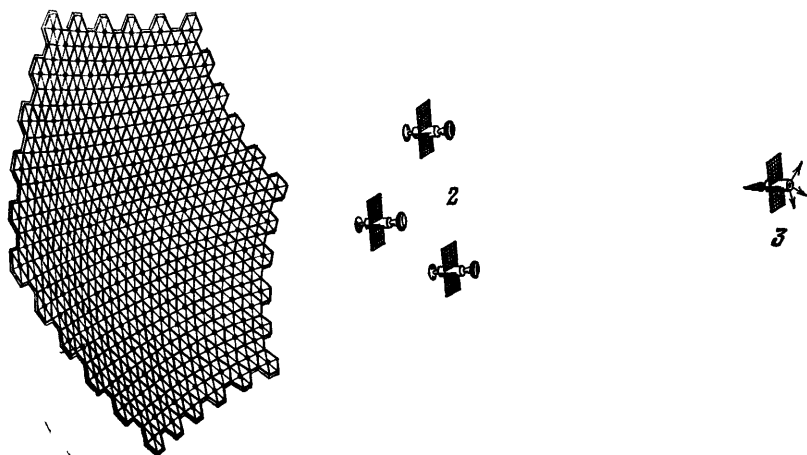


Рис 67. наращиваемый космический радиотелескоп (советский проект [2.42]).

В монтаже на рабочей орбите участвуют люди, живущие в орбитальной станции, собранной аналогичным образом. Доставка и смена экипажей производится с помощью пилотируемых МТА с ЖРД. На фокальном расстоянии $400 \div 4000$ м от зеркала 1 КРТ (рис. 67) находятся во время его работы несколько автономных спутников — приемных объектов 2, а еще дальше — управляющий объект 3. Ориентация и стабилизация зеркала диаметром 1 км (масса 200 т) может осуществляться двигателями на его периферии тягой 1 кгс. Если это — ионные двигатели со скоростью истечения 100 км/с, то разворот антенны на 180° за сутки потребует 2 кг рабочего тела (а при диаметре антенны 10 км — 1,5 т). При этом на относительное перемещение приемного объекта израсходуется масса рабочего тела, равная $6 \cdot 10^{-6} \div 6 \cdot 10^{-5}$ его массы. Ионные же двигатели доведут скорость 10-километрового радиотелескопа, на-

ходившегося на стационарной орбите, за 95 дней до параболической. Общая стоимость КРТ оценивается в 1 млрд долл. для диаметра зеркала 1 км и в 10 млрд соответственно для 10 км [2.42]. Постройка 5-километровой антенны обойдется вдвое дешевле, чем на Земле [2.42].

Мы остановились относительно подробно на создании КРТ потому, что на этом примере можно видеть, как будет происходить создание больших конструкций на орбитах, в частности солнечных энергостанций (СЭС) на стационарной орбите. Однако масса СЭС будет на один или два порядка больше, а потому и потребует использования в несколько раз более грузоподъемных МТКК, чем «Шатл». Монтажная круговая орбита в некоторых американских проектах располагается где-то посередине между низкой орбитой МТКК и рабочей стационарной, что, как считают, является экономически более выгодным. Использование ЭРД предусматривается всегда, так же как и применение стандартных ферменных блоков¹⁾.

Почти нет сомнений, что на стационарной орбите в свое время возникнет и будет развиваться обитаемая долговременная станция. В этом случае будет экономически целесообразно создать постоянную вспомогательную станцию на промежуточной эллиптической орбите, расположенной между низкой и стационарной орбитами. Переход на эту промежуточную станцию с низкой орбиты (и наоборот) осуществлялся бы с помощью упрощенного «перигейного» МТА, а с нее на стационарную (и наоборот) — с помощью другого, «апогейного», МТА. Эти аппараты в разное время находились бы на той или другой из трех орбит. Экономия достигалась бы за счет упрощения их конструкций (разные требования к двигателям в перигее и апогее, освобождение от навигационного оборудования, от элементов комфорта и т. д.). Для грузовых перевозок, конечно, выгодно будет использовать ЭРДУ [2.43] (вероятно, ядерные; так как солнечные элементы могут придти в негодность, находясь долго в поясе радиации).

Большой объем межорбитальных перевозок очень скоро сделает экономически необходимым создание топливной станции на низкой орбите. Сюда доставляются баки с кислородом, водородом или водой [2.44, 2.45].

Из всего сказанного должно быть ясно, что человеку предстоит немало потрудиться на орбитальных стройках. Ему будут служить здесь не только грузовые МТА, но и, на месте монтажа, буксиры (пилотируемые и непилотируемые) для местных перемещений больших грузов, открытые и герметичные платформы для одного или

¹⁾ См., например, обзоры и рефераты в экспресс-информациях ВИНТИ «Астронавтика и ракетодинамика», 1975, №№ 31, 34, 1977, №№ 32, 33; 1978, №№ 17, 30.

нескольких человек, ранцевые двигательные установки, различные механизмы, манипуляционные роботы и т. д.

Придет время, и на орбитах вокруг Земли возникнут большие обитаемые комплексы с собственной промышленностью, экологической средой и т. д. Некоторые зарубежные проекты таких поселений, о которых часто пишут журналисты, не представляют большого интереса. Появление в космосе «эфирных городов», путешествующих по орбитам вокруг Земли и вокруг Солнца, предсказывалось К. Э. Циолковским. Небезынтересны, однако, новые идеи о доставке в эти колонии на орбитах сырья для промышленности, и о них мы поговорим в § 9 гл. 12 и в § 10 гл. 22.