

**ЗНАНИЕ**

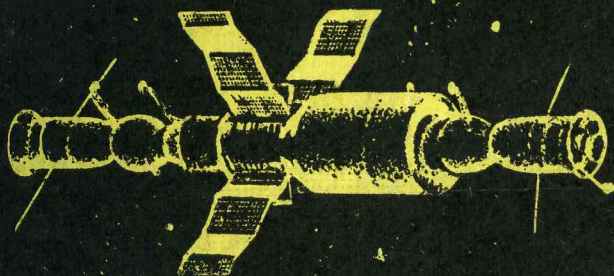
НОВОЕ  
В ЖИЗНИ,  
НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ

СЕРИЯ  
КОСМОНАВТИКА,  
АСТРОНОМИЯ

**К.П. Феокистов**

# НАУЧНЫЙ ОРБИТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

3'80



НОВОЕ  
В ЖИЗНИ,  
НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ

**К. П. Феоктистов,**  
профессор, доктор технических наук,  
летчик-космонавт СССР

Серия  
«Космонавтика,  
астрономия»,  
№ 3, 1980 г.

# НАУЧНЫЙ ОРБИТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Издается  
ежемесячно  
с 1971 г.

Издательство  
«Знание»  
Москва  
1980

**Феоктистов К. П.**  
Ф42 Научный орбитальный комплекс. М., «Зна-  
ние», 1980.

64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Кос-  
монавтика, астрономия», 3. Издается ежемесячно с  
1971 г.)

В брошюре рассказывается об орбитальных комплексах «Салют»—«Союз». Ее автор, один из создателей этого комп-  
лекса летчик-космонавт СССР профессор К. П. Феоктистов,  
приводит интересные данные о системах, оборудовании и экс-  
периментальной базе этого комплекса, обсуждает перспек-  
тивы его развития.

Брошюра рассчитана на инженеров, преподавателей и сту-  
дентов вузов и техникумов, учащихся старших классов, а так-  
же на более широкий круг читателей, интересующихся совре-  
менными достижениями космонавтики.

31 902

39.6

## НЕМНОГО ИСТОРИИ

В 1958 г. в конструкторском бюро С. П. Королева начались работы над будущим первым космическим кораблем «Восток». И уже тогда участники этих работ думали: «А что же дальше? Куда идти после «Востока»? Одни считали — Луна, другие — Марс, третьи — орбитальные станции. В следующем году, когда еще только приступили к выпуску чертежей, электрических схем и в заводских цехах начали появляться первые детали корабля, споры о будущем разгорелись еще больше.

Инженеры оказались едины в одном — путь к развитию пилотируемых космических полетов лежит через решение проблемы сближения и стыковки космических аппаратов на орбитах. Была выделена группа, которой поручили исследовать этот вопрос. Им поставили задачи — выявить технические проблемы, связанные со сближением и стыковкой, наметить варианты решения, поискать организации, которые смогли бы разработать нужную аппаратуру. К началу 1962 г. усилиями этой группы создан теоретический задел, на базе которого можно было приступить к проектированию.

Задача на проектирование ставилась самими проектантами, затем неоднократно уточнялась С. П. Королевым. Решили проектировать новый корабль, на котором можно было бы отработать все проблемы сближения и стыковки. Одновременно с помощью этого корабля предполагалось увеличить продолжительность полета, улучшить условия жизни и работы экипажа, снизить перегрузки, воздействующие на человека при возвращении на Землю, расширить возможности для проведения исследований и экспериментов. Подразумевалось, что на базе этого корабля со временем можно будет создать транспортное средство для обслуживания орбитальных станций.

Работы по проектированию нового корабля (впоследствии названного «Союзом») начались в 1962 г. Этот год, по-видимому, и следует считать годом начала работ над орбитальными станциями.

Основные задачи, которые решались при разработке корабля «Союз», — это создание и отработка средств измерения параметров движения двух космических аппаратов относительно друг друга, управление процессом сближения и причаливания, механическая и электрическая стыковка двух кораблей, создание маршевых и координатных двигателей, обеспечивающих процессы сближения и причаливания. Кроме того, требовалось создать и отработать в полетах новые системы ориентации и управления, средства спуска на Землю с использованием аэродинамической подъемной силы (для снижения перегрузок при спуске и уменьшения рассеивания точки приземления корабля при возвращении на Землю), новой системы приземления с резервированием парашютной системы и т. д.

В середине 1962 г. были подготовлены первые исходные данные на разработку технической документации и начата работа над эскизным проектом. По мере разработки чертежей, электрических схем отдельных систем и корабля в целом, инструкций по испытаниям и т. п. становилось ясным, что корабль «Союз» существенно сложнее «Востока». Сотни приборов, тысячи деталей, десятки километров кабелей. Все это следовало соединить в единое работающее целое, отработать на десятках экспериментальных установок.

Если от начала проектирования корабля «Восток» (еще беспилотного) до его первого полета прошло примерно полтора года, то сроки создания нового корабля оказались существенно длиннее. Много времени отняли, например, работы над макетированием внутренней компоновки спускаемого аппарата, разработка теплозащитного покрытия, средств его нанесения и проверки работоспособности, аэродинамические и тепловые исследования, теоретические исследования устойчивости и управления спускаемого аппарата при возвращении его в атмосферу. Работы по новой системе приземления потребовали создания специальных макетов спускаемого аппарата, сбрасываемых с самолета, и большого количества натуральных экспериментов. Пришлось создать новую двигательную установку, систему управляющих

двигателей, новые агрегаты для систем терморегулирования, обеспечения жизнедеятельности и т. п.

Принципиальные трудности возникли не только при разработке системы определения параметров относительного движения двух космических аппаратов (при сближении), системы управления этим процессом, но и при создании средств контроля таких систем на Земле до полета. Такие средства создаются для всех бортовых систем и агрегатов, поскольку без контрольной проверки в автономной схеме и на собранном корабле ни один прибор, ни одна система не может быть допущена в полет. Сложность проверки системы измерения параметров относительного движения на Земле связана с тем, что нужно было при проверке системы имитировать движение двух кораблей относительно друг друга и проверять ее работу при различной взаимной ориентации кораблей. Причем проверять не только функционирование системы, но и точность измерений дальности, скорости, углов и т. п.

Все эти работы заняли несколько лет, и первый пилотируемый полет состоялся только в апреле 1967 г. Он закончился трагически: при посадке погиб пилот корабля — космонавт В. М. Комаров. Причиной этой аварии явилось нарушение в работе парашютной системы приземления. Нерасчетный режим работы парашютной системы проявился именно в этом полете, хотя полету первого корабля «Союз-1» предшествовали успешные самолетные испытания системы приземления и беспилотные полеты.

В 1967—1968 гг. был проведен большой объем дополнительных испытаний системы приземления. И с октября 1968 г. опять начались полеты корабля. Полеты «Союзов» в 1968—1970 гг. позволили накопить тот необходимый опыт, который разрешил перейти к использованию их в качестве транспортных кораблей. Наиболее важными вехами на этом пути явились полеты спутников «Космос-186» и «Космос-188», «Космос-212», «Космос-213» для отработки стыковки в автоматическом режиме в 1967 и 1968 гг., стыковка двух пилотируемых кораблей «Союз-4» и «Союз-5» в 1969 г., длительный полет одиночного корабля «Союз-9» в 1970 г.

В 1969 г. стало ясно: проблема сближения и стыковки космических аппаратов практически решена. На очередь встал вопрос о создании самой орбитальной

станции, и в 1970 г. начались работы по созданию станции «Салют». Первоначальная постановка задачи определялась как завоевание своего рода плацдарма в области пилотируемых орбитальных станций. Решено было разрабатывать первую станцию как лабораторию, на которой предполагалось провести проверку основных принципов создания пилотируемых орбитальных станций, провести ряд научных и технических экспериментов, исследовать возможности длительной работы человека на орбите. В работе над станцией «Салют» участвовали многие коллективы конструкторов и специалистов различных конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов.

Одновременно велась модернизация корабля «Союз» с целью его превращения в транспортный корабль для обслуживания орбитальной станции. При этом главной задачей ставилось обеспечение возможности перехода в станцию через стыковочный узел (после пристыковки корабля к станции), с тем чтобы не нужно было пользоваться для перехода шлюзами и переходить через внешнее пространство в скафандрах. Для решения данной задачи пришлось существенно переделать стыковочные агрегаты, не затрагивая, впрочем, принципиальную схему их работы.

Документацию на станцию и на доработку корабля «Союз» (перевод в транспортный вариант) в основном выполнили в первой половине 1970 г., причем чертежи на корпус станции — еще весной. Это позволило к концу года изготовить станцию и 19 апреля 1971 г. осуществить ее выведение на орбиту. Первая станция «Салют» эксплуатировалась до 11 октября 1971 г., проработав на орбите около полугода.

В ходе этого первого полета орбитальной станции типа «Салют» всесторонне проверялась работоспособность станции, исследовались ее оборудование, системы обеспечения жизнедеятельности в реальных условиях космического полета. Не менее важной считалась и другая задача. Перспективы дальнейшего развития орбитальных станций, пилотируемых космических полетов, освоения непосредственно человеком космического пространства зависят в значительной степени от того, как долго может человек находиться и работать в условиях невесомости. Во время полета станции «Салют» был сделан новый шаг по пути увеличения продолжи-

тельности полета человека на орбите. На борту станции 23 сут жил и работал экипаж в составе космонавтов Г. Т. Добровольского, В. Н. Волкова и В. И. Пацаева, которые удовлетворительно чувствовали себя в течение самого длительного в то время полета.

Надо отметить, что до этого полета космонавтам еще никогда не приходилось иметь дело с таким количеством бортовой аппаратуры. Достаточно сказать, что общая масса аппаратуры, установленной на борту станции, измерялась тоннами. В дальнейшем насыщенность станций аппаратурой должна была только возрастать, и поэтому следовало проверить, как экипаж справится с выполнением обширной разнообразной программы, работая со столь большим количеством приборов в условиях длительного полета.

Экипаж станции выполнил серию астрофизических исследований, технических экспериментов, провел много визуальных наблюдений и медико-биологических исследований и, главное, осуществил испытания первой орбитальной станции в космическом полете. Опыт, приобретенный в ходе выполнения программы полета, позволил перейти к созданию более совершенных станций. Одновременно этот полет показал, что при создании «Салюта» удалось найти достаточно простые и надежные инженерные решения для всех узлов станции. К тому же это удалось сделать, как говорится, с первого захода: ведь «Салют» — самый первый вариант орбитальной лаборатории.

При возвращении «Союза-11» на Землю, еще до входа в атмосферу, произошла аварийная разгерметизация космического корабля, в результате которой экипаж погиб.

После этого полета в конструкцию корабля был введен ряд изменений, экипаж снабжен скафандрами на случай аварийной разгерметизации корабля на наиболее сложных участках полета: выведение на орбиту, спуск, стыковка (на этих участках экипаж должен находиться в скафандрах). Проведенные доработки проверялись в наземных испытаниях и в одиночном полете корабля «Союз-12» в 1973 г. В последующие годы были созданы и запущены на орбиту несколько станций «Салют».

Здесь хотелось бы остановиться на станциях «Салют-4» и «Салют-6», так как эти станции наиболее дли-



тельное время эксплуатировались в пилотируемом режиме. На основе накопленного опыта станция «Салют-4» была существенно модернизирована. В первую очередь следует отметить модернизацию системы энергоснабжения (начиная с «Салюта-3» введены ориентирующиеся на Солнце солнечные батареи), создание экономической системы ориентации, улучшение связи с Землей (телеграфная связь Земля — станция с буквопечатающим устройством), разработку экспериментальной системы регенерации воды, получаемой из конденсата атмосферной влаги, расширение состава научного оборудования и т. п.

Станция «Салют-4» была запущена в конце 1974 г. и только в 1977 г. по команде с Земли прекратила работу. На ней работали две экспедиции с продолжительностью примерно один и два месяца. Тем самым сделан очередной важный шаг в увеличении длительности советских пилотируемых космических полетов. В конце 1975 г. к станции пристыковали беспилотный корабль «Союз-20» для проведения длительных ресурсных испытаний корабля в условиях орбитального полета в составе станции. Во время полета станции выполнялись многочисленные исследования, наблюдения и эксперименты по астрофизике, геофизике, в области отработки методов изучения природных ресурсов и окружающей среды, медико-биологические опыты.

Следующим принципиальным этапом в развитии работ по модернизации орбитальных станций явилось создание станции «Салют-6», благодаря которой удалось значительно расширить возможности осуществления длительных пилотируемых полетов.

Продолжительность пилотируемого полета при отсутствии на борту станции систем, обеспечивающих замкнутый круговорот веществ<sup>1</sup>, определяется запасами средств жизнедеятельности и возможностями длительного хранения кислорода, воды, пищи, белья, бытовых элементов, гигиенических средств и т. п. Кроме того, необходимо топливо для управления ориентацией станции, а также для борьбы с ее торможением в верхних слоях атмосферы.

<sup>1</sup> Сейчас такая система существует и надежно функционирует только на Земле — в ее биосфере; аппаратура, обеспечивающая отдельные элементы замкнутого цикла, пока еще только разрабатывается.

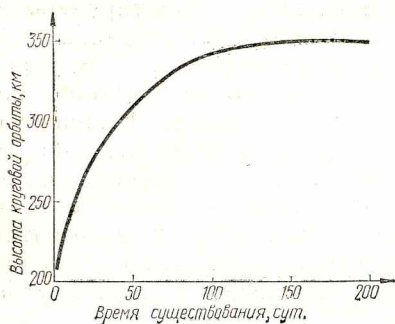


Рис. 1. Зависимость времени существования от высоты круговой орбиты

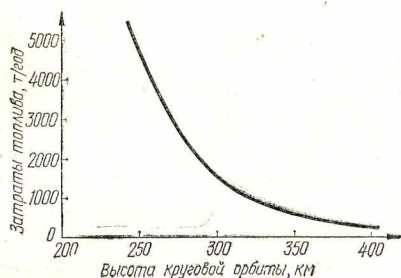


Рис. 2. Зависимость затрат топлива на поддержание орбиты от высоты орбиты

На рис. 1 и 2 приведены два графика, иллюстрирующих зависимость времени существования станции от высоты орбиты и количества топлива, которое нужно тратить в год на поддержание ее орбиты. Следует отметить, что топливо необходимо также и для проведения коррекций орбиты, чтобы обеспечить оптимальные условия для сближения стартующих с Земли транспортных кораблей: перед стартом каждого очередного корабля приходится «подправлять» орбиту таким образом, чтобы трасса станции проходила над точкой старта корабля ко времени его запуска.

Если оставаться на уровне середины 70-х годов, то оказывается, что только запасов средств по обеспечению жизнедеятельности требуется около 10 кг на человека в сутки. А к этому еще нужно прибавить топливо и оборудование, которое приходится заменять в ходе полета. Если все посчитать, то окажется, что для обеспечения работы станции в пилотируемом полете в течение двух лет потребовалось бы создать на борту стан-

ции запасы средств жизнедеятельности и топлива массой около 20 т. Но это превышает массу всей станции «Салют-6». А она ведь имеет еще корпус, оборудование и предназначена для работы на ее борту космонавтов.

Решить проблему длительной работы станции в пилотируемом режиме удалось за счет создания грузовых транспортных кораблей для доставки на станцию оборудования, пищи, воды, кислорода, топлива и т. п. Для того чтобы станция могла принимать эти грузовые корабли, на ней установили еще один причал со стыковочным узлом, размещенным со стороны агрегатного отсека, и новую объединенную двигательную установку, которая могла дозаправляться в полете топливом от грузовых кораблей. В результате этого советскими конструкторами был создан научный орбитальный комплекс «Салют-6»—«Союз».

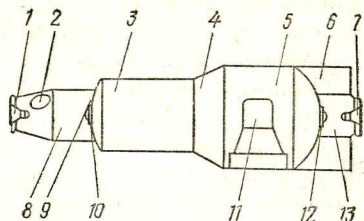
Работы над станцией «Салют-6» и кораблем «Прогресс» начались в 1973 г. Станция запущена в 1977 г. За прошедшее время на станции побывало несколько экспедиций, в том числе и международных, к станции много раз прилетали грузовые корабли «Прогресс», которые доставляли оборудование и обеспечивали дозаправку двигательной установки станции топливом. Важнейшим достижением, полученным на станции «Салют-6», явилось существенное увеличение длительности полета человека в условиях невесомости, благодаря чему наша страна заняла лидирующее положение в этой области.

#### **КОНСТРУКЦИЯ ОРБИТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «САЛЮТ-6» — «СОЮЗ»**

В состав орбитального комплекса «Салют-6»—«Союз» входят собственно орбитальная станция (или орбитальный блок), пилотируемые транспортные корабли «Союз» и грузовые транспортные корабли «Прогресс». Орбитальный блок является основой комплекса: он предоставляет возможность экипажу жить и работать в условиях космического полета, обеспечивает функционирование комплекса (снабжение станции и космических кораблей электроэнергией, обеспечение необходимых условий для работы экипажа и функционирования аппаратуры, поддержание высоты орбиты, ориентации, связь с Землей и т. п.) и, наконец, позволяет проводить научно-технические исследования и эксперименты.

Рис. 3. Отсеки станции:

1 — передний стыковочный узел; 2 — выходной люк; 3 — зона малого диаметра рабочего отсека; 4 — коническая часть рабочего отсека; 5 — зона большого диаметра рабочего отсека; 6 — агрегатный отсек; 7 — задний стыковочный узел; 8 — переходный отсек; 9 — переднее днище; 10 — люк между переходным и рабочим отсеком; 11 — отсек научной аппаратуры; 12 — люк между промежуточной камерой и рабочим отсеком; 13 — промежуточная камера



Орбитальная станция для обеспечения необходимых условий жизни и работы на ней экипажа должна иметь внутренний герметичный объем с приемлемой для человека газовой атмосферой и с соответствующей температурой, средства питания, бытового обслуживания и т. п., средства связи с Землей, допускать возможность наблюдения за внешним пространством, иметь средства управления (ориентацией и бортовой аппаратурой), оборудование для научно-технических исследований и экспериментов, в проведении которых требуется непосредственное участие членов экипажа.

При этом желательно, чтобы герметичный объем и масса станции были как можно большими: в этом случае на ней разместится достаточно большое количество научного оборудования, кислорода, пищи, воды, топлива и т. п. Однако с увеличением внутреннего объема растут размеры и масса конструкции станции, что вступает в противоречие с возможностями современных ракет-носителей, имеющих или специально создающихся для выведения орбитального блока.

Ракета-носитель, используемая для запуска станции «Салют-6», позволяет вывести орбитальный блок с максимальным диаметром 4,15 м и длиной около 13,5 м. Большие размеры станции (в длине или диаметре) привели бы к увеличению нагрузок на конструкцию ракеты-носителя и поэтому недопустимы. Кроме того, орбитальный блок размещается в верхней части ракеты-носителя, и, следовательно, соответствующая его «верхняя часть», там где размещается так называемый переходный отсек (рис. 3), должна укладываться в обводы конуса, которым заканчивается верхняя часть всего

комплекса ракета—орбитальный блок. Это необходимо для обеспечения приемлемого уровня нагрузок на носитель и затрат топлива на преодоление аэродинамического сопротивления на участке движения комплекса в атмосфере.

Так определяются ограничения по размерам, а, следовательно, и по внутреннему объему. Масса орбитального блока, которая может быть выведена этой ракетой-носителем, составляет около 19 т, что и составляет ограничение по массе блока. При разработке станции приходится исходить из этих ограничений и следить за рациональным распределением объемов (и соответственно размеров) и масс между различными «потребителями»: объемами, необходимыми для жизни и работы экипажа; объемами и массами, выделяемыми под двигательные установки, оборудование, запасы средств жизнедеятельности, научную аппаратуру и т. п.

Таким образом, во время проектирования станции необходимо составлять и на всех дальнейших этапах работ постоянно контролировать балансы масс, размеров и объемов, все время соизмеряя технические потребности и возможности. В процессе разработки проектантам приходится вести и контролировать целый ряд «балансов»: *энергопитания* (сколько в различных режимах тратят электроэнергию приборы, системы станции и сколько ее можно получить, используя, например, солнечные батареи при данной ориентации станции и при данном положении ее орбиты относительно направления на Солнце), *тепла* (сколько выделяется тепла внутри станции экипажем, приборами, сколько его приходит внутрь станции от внешних источников, таких, как излучение Солнца и Земли, и сколько излучается тепла во внешнее пространство через радиаторы и другие внешние элементы), *кислорода и углекислого газа* в атмосфере станции, *воды* на борту (сколько потребляет экипаж, сколько выделяется им же в станционную атмосферу, сколько воды можно очистить и использовать, сколько воды будет поглощаться регенераторами, сколько адсорбируется на конструкции и оборудовании, сколько надо тратить воды в сутки, чтобы замкнуть баланс) и т. п.

Наконец, приходится учитывать и «баланс» времени, которое затрачивается на выполнение соответствующих операций в космосе (коррекции орбиты, сближения,

стыковки, заправки, перенос грузов, ремонты, уборки и т. п.), на медицинский контроль, на связь, на отдых, питание, на физические тренировки и на выполнение исследований и экспериментов. Фактически по всем своим параметрам станция, как и космический корабль, как и любая сложная машина, проектируется с учетом компромисса между желаемым и возможным.

Размеры станции «Салют-6» практически определяют ее внутренний герметичный объем, равный примерно 90 м<sup>3</sup>, основная часть которого приходится на *рабочий отсек*. Кроме рабочего отсека, на станции есть еще два герметичных объема (соединяющихся с рабочим отсеком через люки): *переходной отсек* (диаметром 2 м) и *промежуточная камера* (см. рис. 3). К переходному отсеку пристыковывают пилотируемые транспортные корабли, и он служит связующим звеном между космическим кораблем и орбитальным блоком.

Кроме того, переходной отсек используется в качестве шлюза во время выхода космонавтов в открытое космическое пространство. Поэтому в нем размещены скафандры для работы в открытом космосе, их бортовое оборудование, арматура, клапаны сброса давления, пульта контроля и управления. В стенках этого отсека имеется семь иллюминаторов, используемых экипажем во время визуальных наблюдений или экспериментов, связанных с визуальными наблюдениями Земли, Луны, горизонта.

К промежуточной камере пристыковывают грузовые и пилотируемые транспортные корабли. Эта камера диаметром 2 м и длиной 1,3 м используется в качестве буферного объема между рабочим отсеком станции и транспортными кораблями. Она же применяется для частичного размещения доставляемых грузов. Через переходной отсек и промежуточную камеру после стыковки кораблей прокладываются воздуховоды из станции в корабли для вентиляции обитаемых отсеков кораблей.

Рабочий отсек — главный отсек станции, в нем живет и работает экипаж, там же размещается основное оборудование станции. Конструкция корпуса этого отсека должна обеспечивать надежную герметизацию внутреннего объема (естественно, эти требования справедливы и для переходного отсека, и для промежуточной камеры), защиту от воздействия внешнего вакуума,

предохранять экипаж и приборы от воздействия микрометеоритов, на его внешних поверхностях допускать размещение тех приборов и агрегатов, которым полагается «смотреть» во внешнее пространство: чувствительные элементы системы ориентации, солнечные батареи, оптические приборы, научная аппаратура (которая не может «работать» через иллюминаторы), антенны, радиаторы и т. п.

Идеальным для решения задачи по герметизации космического аппарата было бы создание цельносварной конструкции его корпуса, однако это практически невозможно. Есть целый ряд факторов, мешающих такому решению. В частности, пока не удается надежно сварить стекло и металл без нарушений в оптических характеристиках стекла. Из технологических же соображений нежелательно сваривать корпуса рабочего и переходного отсеков, рабочего отсека и отсека научной аппаратуры: сквозь гермоконтур отсеков наружу должны выходить тысячи электрических проводов, большое количество гидромагистралей. Наконец, требуется периодически соединять внутренний объем с внешним пространством (например, для выбрасывания отходов).

Поэтому в конструкцию корпуса станции приходится вводить сотни разборных герметичных соединений, уплотняемых, как правило, с помощью резиновых прокладок. Подбор материалов и конструкций этих уплотнений должен производиться с учетом температурных условий мест уплотнения, подвижности соединения, требуемого ресурса по открытию-закрытию, воздействия внешнего жесткого (главным образом ультрафиолетового) излучения (если это уплотнение находится непосредственно на внешней поверхности) и т. д.

В последние годы, когда продолжительность пилотируемых полетов сильно увеличилась, обострился вопрос защиты от микрометеоритов. Во времена полетов космических кораблей «Восток», «Восход» и в первые годы полетов кораблей «Союз» этой проблемы практически не было. На базе теоретических и экспериментальных исследований было установлено, что вероятность пробоя герметизирующей стенки корабля микрометеоритом очень мала и составляет сотые и даже тысячные доли процента при продолжительности полета космонавтов несколько суток (с учетом размера космического корабля). Эти результаты расчета вероятностей

основаны на различных моделях микрометеоритного облака в окрестностях орбиты Земли и на свойствах взаимодействия метеоритов с материалом стенки корабля.

В настоящее время продолжительность космических полетов исчисляется месяцами (для космических кораблей) и даже годами (для орбитальных станций). При этом вероятность пробоя однооболочечной конструкции космического аппарата микрометеоритами становится уже достаточно большой, и ее необходимо учитывать при проектировании научного орбитального комплекса. В современных станциях просто нельзя использовать однооболочечную конструкцию для корпуса герметичных отсеков.

Обычно в конструкции корпуса рабочего отсека, помимо герметизирующей оболочки, применяются еще и экраны, устанавливаемые на определенном расстоянии от самой оболочки. Суть данного метода защиты от микрометеоритной опасности заключается в следующем. При столкновении с экраном микрометеорит взрывается (поскольку скорость движения частицы относительно станции составляет 10—30 км/с!), и остатки микрометеорита и разрушенного материала экрана, быстро расширяясь (в виде струи), теряют энергию, которая позволила бы частице проникнуть в герметичный объем.

Часть корпуса рабочего отсека «Салюта-6» закрыта радиатором системы терморегулирования станции, который в этом месте играет роль и противометеоритного экрана. Остальная же часть корпуса рабочего отсека, корпуса переходного отсека и промежуточной камеры защищена либо специальными противометеоритными экранами-кожухами, либо другими элементами конструкции (панелями агрегатов системы терморегулирования, оболочкой агрегатного отсека и т. п.).

Гермокорпус рабочего отсека образован двумя сферическими днищами (передним — со стороны переходного отсека и задним — со стороны промежуточной камеры) и двумя цилиндрическими поверхностями (одна диаметром 2,9 м и длиной 3,5 м, другая диаметром 4,1 м и длиной 2,7 м). Эти две цилиндрические конструкции соединены конической поверхностью (длиной 1,2 м). На оболочке цилиндра большего диаметра (4,1 м) имеется отверстие, в которое устанавливается отсек научной аппаратуры. Там же, в стороне, противоположной



отсеку научной аппаратуры, установлены две шлюзовые камеры для выброса отходов. Корпус отсека научной аппаратуры одновременно является частью гермокорпуса рабочего отсека (см. рис. 3).

Выбор такой геометрической схемы рабочего отсека обусловлен следующими ограничениями: общая длина гермоотсеков не должна превосходить 13,5 м, максимальный диаметр (с учетом теплозащитного кожуха) — 4,15 м, а конфигурация передней части должна укладываться в конус внешнего обвода верхней части комплекса ракета—орбитальный блок. Правда, можно и весь рабочий отсек сделать в виде одного цилиндра диаметром 4,15 м. Но тогда нельзя было бы разместить солнечные батареи внутри обусловленной внешней границы комплекса. Уменьшение диаметра рабочего отсека на части до длины 2,9 м и предназначается для установки там сложенных вокруг этого цилиндра солнечных батарей системы энергоснабжения.

Вся эта часть корпуса рабочего отсека вместе с солнечными батареями и переходным отсеком закрывается головным обтекателем, который сбрасывается, когда ракета на участке выведения на орбиту выходит из плотных слоев атмосферы. Головной обтекатель защищает от воздействия скоростного и теплового потоков (на участке выведения) не только солнечные батареи, но и расположенные на внешних поверхностях переходного и рабочего отсеков (диаметром 2,9 м) антенны и оптические индексы системы сближения, оптические датчики автоматических систем ориентации станции и солнечных батарей, оптические приборы для визуальной ориентации при ручном управлении станцией, научную аппаратуру, панели с агрегатами системы терморегулирования, радиатор системы терморегулирования (на внешней поверхности части рабочего отсека).

Внутренний объем рабочего отсека разделяется на две главные зоны: *приборную* (где главным образом размещаются приборы и агрегаты) и *жилиую* (где живет и работает экипаж). Приборная зона размещается вдоль стен станции по ее «правому» и «левому» бортам, на потолке, на полу и в районе заднего днища. Конечно, и «правый» и «левый» (и соответственно подразумеваемые понятия «вперед» и «назад») являются для космического аппарата условными понятиями. Для станций «Салют» под ними подразумевается следую-

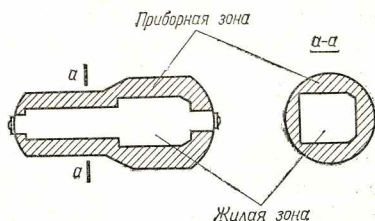


Рис. 4. Приборная и жилая зоны рабочего отсека

щее. На одной из сторон рабочего отсека располагаются оптические инфракрасные датчики для построения местной вертикали, ось которых перпендикулярна продольной оси станции. При орбитальной автоматической ориентации их оси совпадают с местной вертикалью, и именно эта сторона обращена к Земле (т. е. «вниз») при орбитальной ориентации.

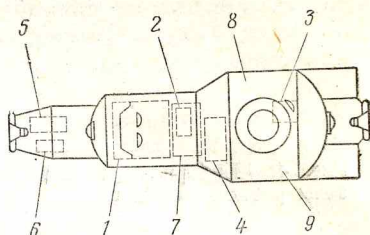
На этой стороне установлены приборы для осуществления визуальной орбитальной ориентации при ручном управлении (которые тоже обращены «вниз»). В эту же сторону «смотрят» и фотоаппараты МКФ-6М и КАТЭ-140, предназначенные для фотографирования поверхности Земли. Поэтому данная сторона условно и считается полом станции<sup>2</sup>. Направление «вперед» определяется как направление в сторону переходного отсека (соответствует направлению «вперед» на участке выведения на орбиту). И, наконец, из этих двух определенных направлений однозначно определяют «правый» и «левый» борта станции.

Приборная зона (рис. 4) отделена от жилой зоны панелями, большей частью легкоъемными, для доступа к приборам и агрегатам на случай необходимости их осмотра или замены в полете. Пульты управления, индикационные устройства либо располагаются непосредственно в жилой зоне, либо врезаны в эти панели. В приборной зоне размещены аппаратура систем управления бортовым комплексом, ориентации и управления движением станции, телефонной связи с Землей, командной радиолинии, телевизионные системы, а также системы телеметрии, контроля орбиты, энергоснабжения

<sup>2</sup> Хотя чаще орбитальная ориентация осуществляется без расхода топлива — за счет гравитационных сил, и тогда местная вертикаль связывается с продольной осью станции.

Рис. 5. Размещение постов управления:

1 — пост № 1; 2 — пост № 2;  
3 — пост № 3; 4 — пост № 4;  
5 — пост № 5; 6 — пост № 6;  
7 — пост № 7; 8 — правый борт;  
9 — левый борт



(буферные батареи и автоматика), обеспечения жизнедеятельности, медицинского контроля, часть автоматической системы терморегулирования. С помощью вентиляторов, газожидкостных и холодильно-сушильных агрегатов обеспечиваются циркуляция воздуха через приборную зону и отбор тепла, выделяемого приборами при их работе, от воздуха, идущего через приборную зону в систему терморегулирования станции.

Жилая зона занимает весь остальной объем рабочего отсека. В ней можно выделить посты управления, на которых экипаж осуществляет управление станцией, проводит исследования и эксперименты, медицинский контроль состояния своего организма, а также зоны выполнения физических упражнений, места для сна и приема пищи, для санитарно-бытовых нужд (туалет, душ).

В рабочем отсеке размещаются пять постов управления, связанных с выполнением определенных работ (рис. 5). *Пост № 1* — центральный пост управления. Он имеет два рабочих места. Здесь находится главный пульт управления с командно-сигнальными устройствами для выдачи команд, с индикатором положения станции (как точки) относительно поверхности Земли, индикаторами идущих автоматических программ, оптическими и звуковыми сигнализаторами, часами и т. п. Тут же установлены оптические приборы для визуальной ориентации по Земле, пульт управления бортовой вычислительной машиной, справочно-информационное устройство.

*Пост № 2* используется для осуществления ручной астроориентации станции, он оборудован пультом, средствами связи, астроприборами и рукояткой управления. *Пост № 3* предназначен для управления субмиллиметровым телескопом и автономной системой охлаждения

приемников телескопа. Пост также оснащен пультами, средствами связи, визиром и ручками управления. На посту № 4 проводятся работы с медико-биологическим оборудованием. Этот пост находится в нижней центральной части рабочего отсека на стыке цилиндров большого и малого диаметров. Здесь же размещено оборудование для проведения кино- и фотосъемок. Наконец, пост № 7 (посты № 5 и № 6 располагаются в переходном отсеке) используется для работы с пультами управления системы регенерации воды из конденсата и научной аппаратуры. Все посты оснащены светильниками и средствами связи.

Зоны выполнения физических упражнений размещены неподалеку от поста № 4. Уже при первых длительных полетах выявилась необходимость так называемой профилактики невесомости. Дело в том, что в условиях длительного орбитального полета, когда на человека не воздействует сила тяжести, заметно снижается нагрузка на сердце (последнему не нужно преодолевать гидростатическое давление крови порядка 0,15—0,2 атм), не нагружены группы мышц, обеспечивающие возможность стоять, ходить, сидеть и т. д., а также внутренние мышцы, поддерживающие внутренние органы (легкие, желудок, печень, кишечник и т. п.), наконец, не нагружен сам скелет.

Все это, если не принять профилактических мер, может привести к некоторой атрофии мышц и к определенным трудностям реадaptации к земной силе тяжести при возвращении экипажа на Землю после длительного полета. Такое наблюдалось, например, у американских космонавтов Ф. Бормана и Дж. Ловелла после их возвращения на Землю после 14-суточного полета в корабле «Джемини-7» в 1965 г., поскольку они во время этого полета были практически лишены возможности активно двигаться, а также у А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова после их возвращения из 18-суточного полета на корабле «Союз-9» в 1970 г.

В настоящее время наиболее подходящим средством борьбы с влиянием невесомости является использование на борту орбитальной станции специальных средств — тренажеров, предназначенных для обеспечения заметной дополнительной нагрузки на сердце и основные группы мышц во время выполнения физических упраж-

нений. К этим средствам относятся велоэргометр<sup>3</sup>, бегущая дорожка, пневмовакуумный костюм. Бегущая дорожка, как это ясно из ее названия, представляет собой замкнутую ленту на роликах, приводимую в движение электродвигателем. Скорость движения ленты можно регулировать, тем самым регулируя темп бега, который должен поддерживать космонавт, выполняя упражнение на дорожке.

Естественно, скорость движения ленты регулирует сам космонавт. Чтобы во время бега он не «улетел» с дорожки, на этом тренажере имеется система эластичных притягов (с регулируемым усилием порядка нескольких десятков килограмм), один конец которых закрепляется на поясе космонавта, а другой — на неподвижной части дорожки. Усилие этих притягов обеспечивает в какой-то степени имитацию нагрузок во время ходьбы и бега на ступни, мышцы ног, костные ткани и т. д.

Пневмовакуумный костюм является герметичной емкостью, надеваемой космонавтом на ноги и нижнюю часть тела и герметизируемой на поясе. Вакуумный насос создает разрежение внутри полости порядка 30—60 мм рт. ст., что позволяет создать некоторую дополнительную гидростатическую нагрузку на сердце.

Велоэргометр расположен на «потолке» станции. Дорожка и пневмовакуумный костюм — на «полу», в районе конического переходника. В соответствии с бортовой инструкцией (которая является законом на борту станции) экипаж должен проводить на этих тренажерах 2—2,5 ч в сутки. Практика полетов показала, что такие средства для опробованных продолжительностей полета достаточно эффективны.

В задней части станции расположена туалетная кабина с ассенизационным устройством, которое обеспечивает сбор отходов жизнедеятельности экипажа и очистку станционной атмосферы. Моча и твердые отходы

---

<sup>3</sup> Велоэргометр представляет собой нечто вроде велосипеда, который приводит в движение электрогенератор. Правда, электроэнергия, вырабатываемая этим генератором (увы!), полезно не используется: она нагревает воздух, теряясь в балластных сопротивлениях. Однако, регулируя эти сопротивления, можно регулировать нагрузку, которую должен преодолевать космонавт, вращая педали велоэргометра.

собираются в специальные герметичные контейнеры, выбрасываемые затем по мере их наполнения, во внешнее пространство через шлюзовые камеры. В районе поста № 4 при необходимости разворачивается душевая кабина. После приема душа кабина убирается.

Спальные места экипажа находятся на боковых панелях и на «потолке», где могут закрепляться спальные мешки. Завтракают, обедают и ужинают космонавты за столом, расположенным в районе поста № 1. Здесь же располагаются подогреватели пищи, столовые принадлежности, средства для фиксации бака с водой и пищи.

Кроме герметичных отсеков, в состав станции входят еще два негерметичных отсека: *отсек научной аппаратуры* и *агрегатный отсек*. Корпус отсека научной аппаратуры (см. рис. 3), как уже говорилось ранее, является частью герметизирующей оболочки рабочего отсека. Он представляет собой усеченный конус, внутренний объем которого открыт во внешнее пространство. В корпусе устанавливается научная аппаратура, которая не может «работать» через иллюминаторы (на станции «Салют-6» это субмиллиметровый телескоп БСТ-1М, на станции «Салют-4» — солнечный телескоп ОСТ-1, рентгеновские телескопы «Филин» и РТ-4, инфракрасный телескоп ИТСК, спектрометры). На участках орбиты, где научные приборы не используются, отсек закрывается от внешнего пространства негерметичной крышкой с экранно-вакуумной теплоизоляцией, предназначенной для защиты научных приборов от солнечных лучей и обеспечения теплового режима отсека (чтобы отсек не выхолаживался за счет излучения во внешнее пространство).

Агрегатный отсек по своему виду представляет собой цилиндр диаметром 4,15 м и длиной 2,2 м, с двумя торцовыми шпангоутами, один из которых прикреплен к нижнему торцовому шпангоуту рабочего отсека, а другим агрегатный отсек соединяется с опорным шпангоутом ракеты-носителя. В агрегатном отсеке размещаются баки, пневмо-гидроавтоматика, арматура, маршевые и управляющие двигатели объединенной двигательной установки. Кроме того, на этом отсеке устанавливаются антенны, мишени и световые индексы системы сближения, а также антенны других радиосистем.

## БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ СТАНЦИИ «САЛЮТ-6»

Система ориентации и управления движением станции (СОУД). Совместно с исполнительными органами (управляющие и маршевые двигатели объединенной двигательной установки) при помощи этой системы решаются следующие задачи: 1) автоматическая ориентация станции (в орбитальной или инерциальной системах координат) для выполнения научных наблюдений или экспериментов; 2) выдача корректирующих направленных импульсов движения для подъема или коррекции орбиты станции (при подготовке орбиты к сближению с транспортными кораблями); 3) ориентация станции в процессе сближения на приближающийся транспортный корабль, участие в радиообмене сигналами с транспортным кораблем, необходимом для определения параметров относительного движения станции и корабля; 4) ориентация станции (в орбитальной или инерциальной системах координат) при «ручном» управлении экипажем.

В состав СОУД входят различные чувствительные элементы: гироскопы, датчики угловых скоростей, интеграторы продольных ускорений, инфракрасные построители местной вертикали, солнечные и ионные датчики, а также оптические приборы ориентации: по горизонту Земли (для построения местной вертикали при ручной ориентации в орбитальной системе координат), по кажущемуся направлению «бега» местности (для построения ориентации относительно направления полета), по звездам (астроориентаторы и секстан). Кроме того, СОУД включает в себя радиоаппаратуру сближения, обеспечивающую совместно с радиоаппаратурой транспортного корабля измерение относительных параметров движения, а также электронные логические, счетно-решающие и коммутационные приборы.

Выполнение той или иной задачи, как правило, может быть обеспечено СОУД в различных режимах и при использовании разных наборов приборов. Так, например, ориентация в орбитальной системе координат может обеспечиваться за счет работы инфракрасного построителя местной вертикали совместно либо с ионными датчиками (с соответствующими счетно-решающими блоками), либо с солнечными датчиками, либо с системой экономичной ориентации «Каскад» и, наконец, ручным управлением.

Это свойство СОУД обуславливает глубокое функциональное резервирование в данной системе.

**Объединенная двигательная установка (ОДУ).** Ее задачами являются: 1) выдача импульсов движения для изменения скорости и направления движения станции с целью подъема или коррекции орбиты, 2) создание управляющих моментов движения за счет работы управляющих двигателей для ориентации станции или для поддержания заданного положения станции в пространстве. Причем выдача импульсов может осуществляться за счет работы одного или двух маршевых жидкостных реактивных двигателей, расположенных на срезе агрегатного отсека, тягой 300 кгс каждый.

Поскольку требуемый диапазон управляющих моментов достаточно широк (от минимальных для поддержания экономичной ориентации до весьма значительных во время сближения с транспортным кораблем, особенно когда к станции пристыкован уже один корабль), то по каждому из каналов управления установлено несколько управляющих реактивных двигателей, и они могут включаться как поодиночке, так и группами. По каналам тангажа и курса (т. е. для создания моментов вокруг осей, перпендикулярных продольной оси станции) могут включаться от одного до шести управляющих двигателей, а по каналу крена (т. е. вокруг продольной оси) — два или четыре. Тяга каждого управляющего двигателя (всего их 32) около 14 кгс.

Кроме маршевых и управляющих двигателей, в состав ОДУ входят шесть баков (где хранится топливо), баллоны наддува с газом (для выдавливания топлива из баков в магистрали, откуда оно поступает к двигателям), компрессоры, гидроневмоавтоматика (редукторы давления, пневмогидроклапаны, датчики давления и температуры), коммутационные и логические приборы, гидроневмомагистрали.

В баках топливо отделяется от газа наддува с помощью металлических сильфонных разделителей. Если бы таких разделителей не было, то газ и топливо в условиях невесомости перемешались, и к двигателям поступало бы то топливо, то газ, то газожидкостная эмульсия, что могло привести к выходу из строя двигателей или к другим недопустимым отклонениям. Обычно в качестве разделителей топлива и газа над-



дува в двигательных установках космических аппаратов использовались гибкие разделители из органических пленок. В ОДУ станции «Салют-6» пришлось перейти на металлические разделители с целью обеспечения многократной заправки баков и длительного хранения топлива.

Компрессоры используются для подготовки к заправке ОДУ, во время которой осуществляется откачка газа из газовой полости баков с топливом в баллоны наддува (и маршевые, и управляющие двигатели питаются из одних и тех же баков). В качестве окислителя используется азотный тетраоксид, а в качестве горючего — несимметричный диметилгидразин.

Все агрегаты и пневмогидроавтоматика ОДУ размещены в агрегатном отсеке. Внутри отсека и на его поверхности (где расположены двигатели) поддерживаются положительные температуры за счет прокачки жидкого теплоносителя по трубкам, приваренным к оболочке отсека. Температура теплоносителя регулируется системой терморегулирования станции. Приборы двигательной установки установлены в рабочем отсеке.

**Система электропитания (СЭП).** Ее задачей является, как это следует из названия, снабжение электроэнергией бортовых систем и научной аппаратуры постоянным и переменным электрическим током. В состав СЭП входят солнечные батареи, аккумуляторы, преобразователи постоянного тока в переменный, автоматика управления.

Фотоприемники солнечных батарей устанавливаются на трех панелях, каждая из которых имеет площадь около 20 м<sup>2</sup> и представляет собой многократно складывающуюся рамочную конструкцию. Последнее вызвано тем, что на участке выведения станции на орбиту солнечные батареи должны быть уложены в тесном пространстве между головным обтекателем и цилиндрическим корпусом рабочего отсека.

Каждая из панелей после выведения станции на орбиту раскрывается. Причем корень панели закрепляется на специальном приводе, который обеспечивает вращение солнечной батареи вокруг оси, перпендикулярной продольной оси станции. У этого корня имеется экран, который после раскрытия панели препятствует радиационному обмену между солнечными батареями

и радиатором системы терморегулирования, расположенным на той же цилиндрической поверхности. Две солнечные панели расположены в «боковых» направлениях («вправо»—«влево») и одна — «вверх». Четвертая панель, которая могла бы занимать «низ», отсутствует, иначе она перекрывала бы поле зрения оптических датчиков, спектрометров и визуальных приборов ориентации, установленных в этой части станции.

Совместная работа солнечных батарей, аккумуляторов и потребителей тока обеспечивается с помощью автоматики СЭП, которая предохраняет аккумуляторы от перезаряда (с использованием датчиков напряжения на основных шинах питания и датчиков давления в отдельных аккумуляторах). Эта же автоматика защищает систему от перезаряда, используя датчики минимального напряжения и отключая часть бортовых потребителей, если напряжение падает ниже допустимой величины.

Текущее состояние буферных аккумуляторов контролируется с помощью счетчиков ампер-часов (контролируется и расход, и приход энергии в системе) и датчиков напряжения на шинах питания. Контроль ведется как телеметрически (в центре управления полетом), так и на пульте управления (на борту станции).

**Система ориентации солнечных батарей (СОСБ).** В состав этой системы входят комплекс чувствительных элементов, «осматривающих» все внешнее пространство; электронные блоки, обрабатывающие сигналы от чувствительных элементов; коммутационные приборы и приводы солнечных батарей. Система работает автономно и практически непрерывно в течение всего времени полета станции.

По сигналам от чувствительных элементов логическое устройство определяет, в каком направлении относительно станции находится солнце и как нужно развернуть каждую панель солнечных батарей вокруг ее оси, чтобы она получала максимум солнечной энергии. Чувствительные элементы расположены группами на переднем торце рабочего отсека и на заднем торце агрегатного отсека.

Конструкция приводов солнечных батарей обеспечивает не только вращение солнечных батарей, но и передачу электроэнергии, команд и высокочастотной информации через вращающееся соединение (на концах

солнечных батарей установлены антенны радиосистем).

**Система терморегулирования (СТР).** В задачи СТР входят: 1) поддержание температуры воздуха внутри герметичных отсеков станции и жилых отсеков пристыкованных кораблей, приемлемой для экипажа орбитального комплекса; 2) поддержание нужных температурных условий в приборной зоне рабочего отсека; 3) обеспечение теплового режима негерметичных отсеков и всех элементов, приборов и агрегатов, расположенных на внешних поверхностях станции; 4) поддержание теплового режима пристыкованных к станции кораблей.

СТР состоит из нескольких гидравлических контуров и пассивных средств. К гидравлическим относятся следующие контуры: 1) отбора тепла от атмосферы рабочего отсека (внутренний контур охлаждения); 2) термостатирования корпуса станции; 3) вывода тепла на внешний радиатор (внешний контур охлаждения). В состав каждого контура входят магистрали, заполненные жидким теплоносителем, насосы, компенсаторы (для компенсации изменения объема теплоносителя при изменении температуры), жидкостно-жидкостные и газожидкостные теплообменники, краны-регуляторы, датчики температуры, различные клапаны.

Контуры отвода тепла от воздуха и контуры термостатирования корпуса заполнены нетоксичным и пожаробезопасным хладагентом (типа антифриза), а контур внешнего радиатора — кремнийорганическим хладагентом, сохраняющим свои рабочие характеристики при температурах не ниже  $-70^{\circ}\text{C}$ . Большая часть агрегатов всех контуров (насосы, компенсаторы, клапаны и т. п.) сконструирована на специальных платах вне герметичных отсеков. Температура жидкости во внутреннем контуре охлаждения автоматически регулируется с точностью  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  относительно одного из выбранных номиналов: 5; 7 и  $9^{\circ}\text{C}$ .

Отбор тепла от воздуха осуществляется либо с помощью холодильно-сушильных агрегатов (где одновременно осуществляется конденсация атмосферной влаги с последующей откачкой конденсата во влагоприемники), либо с помощью газожидкостных теплообменников (типа автомобильных радиаторов). В состав холодильно-сушильных агрегатов и газожидкостных теплообменников входят вентилятор для обеспечения протока воз-

духа между трубками теплообменника и регулятор расхода воздуха (шторка с приводом), обеспечивающий регулирование потока тепла, отбираемого от воздуха, в контур охлаждения.

Чувствительным элементом, по показаниям которого в автоматическом режиме осуществляется регулирование расхода воздуха, является датчик температуры воздуха. В жилых объемах станции поддерживается температура в диапазоне 18—25°С, влажность в пределах 20—80%. Кроме холодильно-сушильных агрегатов и газожидкостных теплообменников, циркуляцию воздуха в станции поддерживает система вентиляторов, часть которых расположена в приборной зоне, часть — в жилой. В жилой зоне скорость обдува находится в пределах 0,1—0,8 м/с.

Тепловой и газовый обмен между станцией и пристыкованными кораблями осуществляется за счет воздухопроводов (с вентиляторами) и промежуточного гидравлического контура (часть его находится на корабле, а часть на станции) для подогрева транспортного корабля. Этот контур замыкается при стыковке корабля к станции. Необходимость таких мероприятий (по подогреву кораблей) связана с тем, что после пристыковки корабля большая часть его аппаратуры выключается, а экипаж практически все время проводит в орбитальном блоке, и, следовательно, резко уменьшается тепловыделение внутри корабля.

К пассивным средствам терморегулирования относятся пакеты экрановакуумной теплоизоляции, закрывающие все поверхности станции, не занятые радиаторами, двигателями или чувствительными элементами, и отделяющие радиаторы от корпуса. Все элементы системы терморегулирования резервированы.

**Система обеспечения жизнедеятельности (СОЖ).** Задачи, решаемые СОЖ, весьма разнообразны и требуют использования различного оборудования. В состав средств обеспечения жизнедеятельности входят: система обеспечения газового состава, средства водоснабжения, средства питания, ассенизационно-санитарное устройство, шлюзовые камеры, душевая установка, санитарно-бытовое оборудование, одежда, аптечка, средства медицинского контроля за состоянием организма членов экипажа, а также средства профилактики невесомости.

*Система обеспечения газового состава* должна обеспечивать параметры атмосферы внутри станции, необходимые для поддержания нормальных условий жизни космонавтов: по общему давлению (в пределах 700—960 мм рт. ст.), по парциальному давлению кислорода (в пределах 160—240 мм рт. ст.), по парциальному давлению углекислого газа (в пределах 0—9 мм рт. ст.), по содержанию (в допустимых пределах) вредных газовых примесей. В состав системы входят регенераторы, фильтры вредных примесей, баллоны со сжатым воздухом, газоанализаторы, средства контроля давления атмосферы.

Регенераторы представляют собой патроны, заполненные химическим веществом. При прокачивании через них воздуха (с помощью вентилятора) они поглощают углекислый газ, влагу и выделяют кислород. Регенераторы одноразового действия — каждый из них, будучи включенным, постепенно насыщается и затем прекращает работу, после чего необходимо включить следующий и т. д. Первоначально установленный (на Земле) запас регенераторов обеспечивает жизнь экипажа в течение первых трех месяцев. Для продолжения работ в пилотируемом режиме сверх этого срока требуется регулярно доставлять и устанавливать на станции «свежие» регенераторы, а отработанные удалять, чтобы они не занимали ее внутренний объем.

Фильтр вредных примесей поглощает газовые примеси, которые попадают в атмосферу станции вследствие жизнедеятельности экипажа и выделений всякого рода материалов, использованных в конструкции, в приборах, кабелях станции. Фильтр заполнен активированным углем, химическим поглотителем и катализирующим процесс веществом. Прокачка воздуха через фильтр обеспечивается вентилятором.

При каждом выходе экипажа из станции в открытый космос объем воздуха из переходного отсека (около 6 м<sup>3</sup>) стравливается наружу. Кроме того, при каждом выбрасывании контейнера с отходами через шлюзовые камеры происходит потеря газа. Причем естественно теряется не только кислород, но и азот. Для компенсации этих потерь на грузовых кораблях по мере необходимости доставляется в баллонах сжатый воздух и выпускается в атмосферу станции. Газоанализаторы контролируют состав атмосферы по кислороду, углекис-

лomu газу и влажности. При необходимости забираются пробы воздуха и доставляются на Землю, где и проводится контроль стационарной атмосферы на вредные газoвые примеси и на микробы.

Контроль давления осуществляется системой датчиков и сигнализаторов давления (для сигнализации экипажу в случае разгерметизации станции), показания которых передаются на центральный пульт и на Землю (через радиотелеметрическую систему), а также прецизионным манометром. К этой же системе относятся клапаны и органы управления ими, обеспечивающие при закрытых люках выравнивание давления между отсеками, между станцией и пристыкованными кораблями (что необходимо для обеспечения возможности открытия люков) и сброс давления из переходного отсека перед выходом экипажа во внешнее пространство.

*Средства водоснабжения* включают в себя систему регенерации воды из конденсата, различные емкости для доставки и хранения запасов воды, а также устройства для приема воды. Система регенерации воды из конденсата прошла испытания на станции «Салют-4». Она использует влагу, собираемую из атмосферы станции холодильно-сушильными агрегатами СТР. В атмосферу кабины влага попадает из-за дыхания космонавтов и выделения влаги путем ее испарения через кожу. В газе, выдыхаемом человеком, примерно одинаковое количество углекислого газа и паров воды. Всего каждый член экипажа выделяет в стационарную атмосферу около 1 кг воды в сутки.

Контейнер с конденсатом подключается к системе регенерации воды. Конденсат с помощью насосов прогоняется через ионообменные колонки, стерилизуется, подогревается и поступает к водоразборному дозирующему устройству. Поскольку система регенерации воды из конденсата не обеспечивает полностью потребность в воде экипажа, то используются и доставляемые постепенно запасы воды в различных емкостях. Перед заправкой воды в эти емкости она консервируется путем введения в нее ионного серебра (этот метод консервации воды известен еще с древних времен).

Питаются космонавты на станции несколько раз в сутки. В состав их меню входят мясные консервы, паштеты, супы в тубиках, соки, чай, кофе, сыр, хлеб, кон-

феты. Часть пищи употребляется в холодном виде, а часть — первые блюда и всякого рода пюре в тубах, кофе — перед употреблением подогревается. Кроме того, практически с каждой «оказией» (т. е. с пилотируемыми и грузовыми кораблями) на борт станции доставляют подобранные по просьбе экипажа продуктовые посылки (с яблоками, луком, чесноком и т. п.).

*Ассенизационно-санитарное устройство* предназначено для удаления жидких и твердых продуктов жизнедеятельности организма человека. Жидкие экскременты уносятся потоком воздуха в специальный сборник. При этом жидкость остается в сборнике, а воздух, пропущенный через фильтр, возвращается в атмосферу станции. После заполнения сборники выбрасываются наружу через шлюзовые камеры. Твердые отходы собираются в отдельные небольшие емкости, складываемые в герметичные контейнеры, которые после заполнения также выбрасываются наружу. Емкости для жидких отходов и контейнеры для твердых отходов жизнедеятельности по мере необходимости доставляются на грузовых кораблях.

Каждая из двух установленных на станции шлюзовых камер для выброса отходов состоит из неподвижного корпуса, соединенного с оболочкой рабочего отсека и являющегося частью его герметичного контура, и подвижного внутреннего корпуса. Оба корпуса имеют сферическую форму. При загрузке шлюзовой камеры контейнером внутренний корпус повернут своим отверстием внутрь станции и прижат своей задней (противоположной отверстию) частью через герметизирующее кольцо к выходному отверстию неподвижного корпуса, отделяя гермообъем станции от внешнего пространства.

После загрузки крышка люка закрывается, воздух из камеры сбрасывается наружу, а внутренний корпус отводится от уплотнения и поворачивается отверстием наружу для выброса контейнера. Выброс осуществляется с помощью пружинного механизма и системы его освобождения. Выброшенные контейнеры вследствие торможения в атмосфере постепенно теряют высоту, через несколько месяцев опускаются в плотные слои атмосферы Земли и сгорают.

*Душевая установка* станции «Салют-6» работает на доставляемых на станцию запасах воды (перед исполь-

зованием в душе вода подогревается). Прием душа космонавт осуществляет в кабине, изготовленной из органической пленки. Подогретая вода подается под давлением в распылитель кабины и удаляется из кабины потоком воздуха, откачиваемого через влагосорбник из кабины. Влага и моющие средства при этом собираются в сборнике, а воздух, пропущенный через фильтр, поступает в атмосферу кабины.

В состав санитарно-бытового оборудования входят также вещи, необходимые для гигиенического обихода: электробритвы, зубные щетки, зубная паста, салфетки, полотенца, гребни и т. п.

*Медицинский контроль* состояния организма каждого члена экипажа осуществляется примерно раз в десять суток. На время контроля экипаж надевает специальные пояса с системой датчиков и подключается к контрольной аппаратуре, которая позволяет снять электрокардиограмму, электроэнцефалограмму и т. п. Записи медицинских параметров производятся как в спокойном состоянии космонавтов, так и на фоне нагрузок или при выполнении специальных тестов.

Для оценки состояния здоровья, кроме этих измерений, использовались собственные наблюдения экипажа (ежедневно сообщаемые на Землю), объективные данные о работоспособности и аппетите, наблюдения во время телерепортажей и сеансов радиосвязи, регулярный контроль массы тела космонавтов с помощью массметра.

*Средства обеспечения выхода* включают в себя скафандры, бортовое оборудование, обеспечивающее проверку и функционирование скафандров до отключения от борта, а также пульт управления при выходе. Скафандры полужесткого типа, их можно надеть в считанные минуты. Время автономной работы человека в скафандре около 5 ч. Системы скафандра обеспечивают связь с партнером по выходу и (через борт станции) с Землей, снабжение человека кислородом, удаление паров воды и углекислого газа из внутренней полости скафандра, тепловой режим, герметизацию и защиту глаз от прямых лучей солнца. Конструкция скафандра дает возможность свободно двигаться, прикладывать усилия, работать пальцами рук.

*Комплекс радиосредств станции.* Он обеспечивает двухстороннюю радиотелефонную связь с Землей с



борта станции и при выходе экипажа наружу, прием и выдачу экипажу телеграфных сообщений в виде печатного материала (текстов и таблиц), телефонную связь между отсеками станции и с приближающимися транспортными кораблями, передачу на Землю телевизионных изображений, прием на борту телевизионной информации с Земли, телеметрические измерения, радиоуправление орбиты, передачу с Земли на борт станции команд управления, «уставок» и цифровой информации на бортовую вычислительную машину, увязку бортового времени с наземным.

Телефонная связь с Землей и между кораблями осуществляется по дублированным радиоканалам в УКВ-, дециметровом и КВ-диапазонах, телеграфная связь — в КВ-диапазоне. В состав аппаратуры связи входят приемники, передатчики, соответствующая автоматика, коммутаторы, органы управления, антенны, акустическое оборудование (телефоны, громкоговорители, микрофоны и т. п.).

Телевизионная аппаратура позволяет передавать на Землю как черно-белое, так и цветное изображение. Уже во время осуществления третьей основной экспедиции на орбитальный комплекс «Салют-6»—«Союз» был доставлен телевизионный приемник и подключен к имеющимся на борту антеннам, что позволило принимать с Земли черно-белое изображение.

Передача на Землю телеметрической информации обеспечивается с помощью двух многоканальных радиотелеметрических систем с дублированными запоминающими устройствами. Телеметрическая информация содержит результаты научных измерений, данные медицинского контроля экипажа, параметры атмосферы и состояние теплового режима конструкции, внутренних и наружных элементов станции, данные о работе механизмов, агрегатов и приборов. Эти данные передаются по радиоканалам на наземные пункты, расположенные на территории СССР и на морских судах, используемых в системе радиосвязи со станцией. Полученная на наземных пунктах информация передается в центр управления полетом, обрабатывается по мере ее поступления в наземных вычислительных машинах и тут же выдается дежурному персоналу центра управления на экраны дисплеев. Одновременно осуществляется реги-

страция полученной информации в виде графиков и таблиц.

Радиоконтроль орбиты осуществляется с помощью находящихся на борту станции двух приемников-ответчиков и наземных измерительных средств. Обработка этой информации в наземных вычислительных центрах позволяет вычислить орбиту станции и выдать на борт, в центр управления полетом и в сеть наземных командно-измерительных пунктов информацию, необходимую для коррекций орбиты, определения моментов стартов кораблей, проведения маневра дальнего сближения кораблей и станции, организации сеансов связи, для привязки результатов исследований к положению станции относительно поверхности Земли.

Прием на борту командной и цифровой информации обеспечивается с помощью приемных, дешифрирующих и коммутирующих приборов.

**Стыковочное устройство.** Оно состоит из двух типов специальных агрегатов (стыковочных узлов): пассивного и активного. Два пассивных стыковочных агрегата (конусы) установлены на станции, активные стыковочные агрегаты (типа «штырь») — на пилотируемых и грузовых транспортных кораблях. Стыковочное устройство обеспечивает: 1) выбор допустимых отклонений при причаливании и механический захват в момент контакта кораблей и станции; 2) гашение относительных угловых колебаний (корабля и станции), возникающих из-за того, что направление относительной скорости корабля не пересекает центр массы станции; 3) выравнивание осей корабля и станции; 4) стягивание последних до контакта торцовых плоскостей стыковочных узлов; 5) герметизацию стыка; 6) проход экипажей из корабля на станцию и обратно. Все эти функции осуществляются при совместной работе механизмов и автоматики стыковочного устройства.

Активный стыковочный узел состоит из стыковочного механизма (типа «штырь») и стыковочного шпангоута с механизмами герметизации, электро- и гидроразъемами. Аналогично пассивный стыковочный узел состоит из приемного конуса с гнездом для захвата головки штыря активного стыковочного механизма и стыковочного шпангоута с механизмами. При стыковке корабля со станцией одновременно осуществляется соединение электроразъемов и гидромагистралей.

После стягивания стыковочных шпангоутов защелки на головке штыря убираются и штанга штыря втягивается внутрь. На этом процесс стыковки заканчивается и начинается процесс проверки герметичности стыка, который проводится либо экипажем пристыковавшегося пилотируемого корабля, либо с Земли (при стыковке к станции грузового корабля). Проверка герметичности по стабильности давления осуществляется в два этапа: в маленькой полости между двумя кольцевыми резиновыми уплотнениями (предварительно эта полость на некоторое время соединяется с внутренним объемом корабля и таким образом наддувается), а затем в большой полости стыковочных механизмов (в объеме между кольцевым резиновым уплотнением, внутренним объемом конуса и поверхностью штыря).

На каждом из узлов (пассивном и активном) имеется люк (с системой его закрытия и герметизации) для перехода экипажа из корабля в станцию и обратно. В состав люка входят крышка, привод открытия и закрытия крышки и привод герметизации (на крышке активного узла и устанавливается штырь).

Для расстыковки сбрасывается давление из большой полости, приводы периферийных замков выводят захваты из зацепления и четыре пружинных толкателя разводят корабль и станцию. Расстыковку можно производить как по командам с корабля, так и по командам со станции. Кроме того, имеется пиротехническая система расстыковки.

**Система управления бортовым комплексом (СУБК).** Эта система позволяет управлять станцией, ее системами, приборами, агрегатами, научной и экспериментальной аппаратурой как со стороны Земли, так и со стороны экипажа. Одновременно СУБК должна обеспечивать первоначальный логический анализ относительно проведения тех или иных операций по включению отдельных систем и приборов в данной сложившейся ситуации (так называемый анализ на простейшие требования непротиворечивости). Например, нельзя включить маршевый двигатель, если система ориентации не готова к работе, или нельзя разарретировать гироскопы, если не имеется сообщение о том, что гироскопы раскручены.

СУБК состоит из логических устройств, коммутаторов, программно-временных устройств, пультов управ-

ления и индикации, приборов подключения электропитания. Команды на управление (включение или выключение отдельных систем, приборов и т. п., введение условий, при которых могут включаться те или иные приборы или процессы) могут подаваться с Земли (по командной радиолинии), с пультов станции (экипажем), с программно-временных устройств или с работающих систем (так называемые команды взаимного управления).

Логические устройства СУБК принимают эти команды, проверяют на непротиворечивость с идущими на станции процессами и выдают дальнейшие команды на исполнение. Программно-временные устройства позволяют проводить автоматическое управление системами станции в часто повторяющихся стандартных процессах (сеансы связи, подготовка ориентации, проведение коррекций и т. п.), обеспечивая последовательную выдачу команд в заданные моменты времени. При этом могут обрабатываться несколько параллельно идущих программ, включаемых либо с пультов, либо по командной радиолинии с Земли.

Чтобы экипаж мог осуществлять управление станцией и научной аппаратурой, имеются пульты управления и индикации, расположенные на семи постах управления. Органами управления являются командно-сигнальные устройства (на посту № 1), клавишные поля и ручки управления (ориентацией). Индикация и сигнализация выполнения команд и параметров, характеризующих работу систем и станции в целом, обеспечивается на пультах электролюминисцентными табло, мнемосхемами (например, индикатор программ на главном пульте или схема заправки на пульте управления объединенной двигательной установкой) и звуковой сигнализацией. На всех постах управления имеется возможность связи с Землей и по внутреннему переговорному устройству с членами экипажа, работающими на других постах.

**Научная аппаратура.** Ее состав и задачи меняются от одной станции к другой в зависимости от принятых программ проведения исследований и от развития работ в ходе полета данной станции. Большинство научных приборов имеет выход на радиотелеметрическую систему для передачи на Землю измеряемых параметров и данных, характеризующих их работу. Приборы,

как правило, снабжены органами и средствами управления, контроля их работы со стороны экипажа. Многие из научного оборудования доставляется на станцию постепенно в ходе ее полета.

Часть научного оборудования устанавливается вне герметичного объема станции, остальные — внутри герметичных отсеков. Тепловой режим приборов, устанавливаемых на внешних поверхностях, обеспечивается за счет теплообмена их с термостатированным корпусом станции, экранновакуумной изоляции и, в некоторых случаях, специальных крышек, закрывающих прибор от внешнего пространства в то время, когда данный прибор не работает. Электропитание научной аппаратуры, как правило, осуществляется от единой системы энергопитания станции. На станции предусмотрены свободные электроразъемы («розетки») для подключения к электропитанию вновь доставляемого оборудования. Часть научного оборудования (как правило, переносного или с малым электропотреблением) имеет собственные источники энергии в виде батарей, встроенных внутрь приборов.

#### **ТРАНСПОРТНЫЕ ПИЛОТИРУЕМЫЕ КОРАБЛИ «СОЮЗ»**

В настоящее время транспортный корабль стал основной модификацией корабля «Союз» и в автономных полетах почти не используется. Как транспортный корабль он должен обеспечивать выведение экипажа на орбиту, сближение и стыковку с орбитальной станцией, переход экипажа на ее борт, полет корабля в составе орбитального комплекса достаточно продолжительное время, отделение от станции, спуск экипажа на Землю с приемлемым для космонавтов уровнем перегрузок при возвращении в атмосферу, приземление спускаемого аппарата с приемлемым уровнем перегрузок, воздействующих на космонавтов во время приземления, а также спасение экипажа в случае аварии ракеты-носителя на участке выведения корабля на орбиту.

Решение этих задач осуществляется совместной работой бортовых систем корабля и его конструктивными особенностями. В конструкции корабля «Союз» можно выделить три основные части: *спускаемый аппарат, приборно-агрегатный и орбитальный отсеки*. Спускаемый аппарат размещен между приборно-агрегатным и

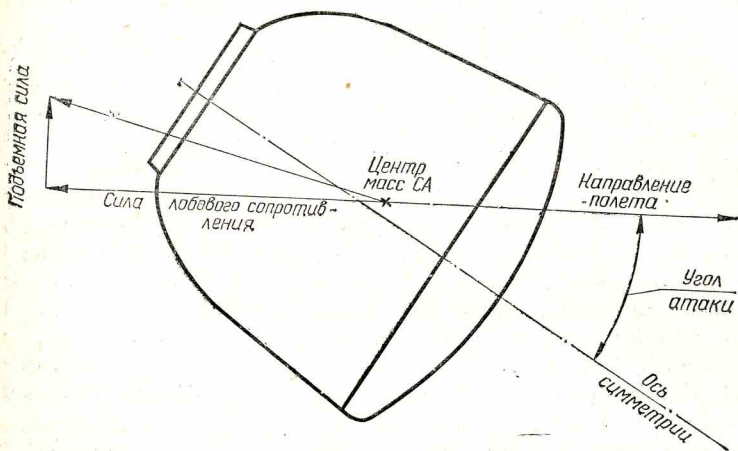


Рис. 6. Форма спускаемого аппарата корабля «Союз»

орбитальным отсеками (см. последнюю страницу обложки). По своей форме спускаемый аппарат напоминает автомобильную фару (рис. 6). Эта форма выбрана не случайно, она обеспечивает возникновение аэродинамической подъемной силы (помимо силы лобового сопротивления) при движении аппарата в земной атмосфере, что снижает разброс точек приземления относительно заданной, а также уменьшает уровень перегрузок при спуске в атмосфере.

У кораблей «Восток», у которых спускаемый аппарат был сферической формы и, естественно, обладал только силой лобового сопротивления, рассеивание точек приземления достигало 250—300 км. Если на спускаемый аппарат действует аэродинамическая подъемная сила, то, управляя ее вертикальной составляющей, можно управлять и траекторией движения аппарата в земной атмосфере и, следовательно, дальностью этого движения (регулируя траекторию «круче»—«положе»). Последнее позволяет даже при небольших значениях аэродинамического качества<sup>4</sup> спускаемого аппарата корабля «Союз» (0,2—0,3) снизить разброс точек призем-

<sup>4</sup> Аэродинамическим качеством в авиации и космонавтике называют отношение аэродинамической подъемной силы к аэродинамической силе лобового сопротивления.

ления до нескольких десятков километров (а в принципе и до нескольких километров).

Если при спуске аппарата не используется подъемная сила, то такой тип спуска называется *баллистическим*. Максимальные перегрузки при баллистическом спуске зависят от крутизны траектории спуска, но даже при наиболее пологих траекториях эти перегрузки достигают (как это и было в случае спускаемых аппаратов кораблей «Восток» и «Восход») таких значений, что сила, действующая в это время на космонавта, в 8—10 раз больше его веса. Это, конечно, крайне нежелательное явление, особенно при возвращении экипажа на Землю после длительного полета в условиях невесомости, когда даже обычная земная тяжесть воспринимается организмом космонавта как весьма тяжелая и неприятная нагрузка.

Небольшое аэродинамическое качество спускаемых аппаратов кораблей «Союз» снижает максимальные перегрузки при движении аппарата в атмосфере до значений, соответствующих силе воздействия на космонавтов, превышающей лишь в 3—4 раза их вес. Этот аппарат, представляющий собой осесимметричное тело, движется при спуске в атмосфере своей затупленной частью вперед. Причем если бы центр массы аппарата располагался на оси симметрии, то никакой подъемной силы не возникло бы. Поэтому элементы конструкции и расположение оборудования выбраны такими, чтобы центр масс был смещен относительно оси симметрии спускаемого аппарата.

Чтобы управлять дальностью движения, надо менять вертикальную составляющую подъемной силы. Это можно делать, либо меняя угол атаки, как это делается в самолетах (в нашем случае надо было бы менять положение центра масс, что представляется довольно затруднительным), либо меняя величину проекции подъемной силы на вертикальную плоскость за счет управления креном аппарата. Этот способ и используется на корабле «Союз».

Корпус спускаемого аппарата защищен снаружи теплозащитным покрытием, предохраняющим его конструкцию, оборудование и экипаж от воздействия потока раскаленного газа, окружающего аппарат при его спуске. Напомним, что температура газа перед лобовым щитом достигает 10 000°. На боковой поверхности ап-

парата имеются три иллюминатора. На одном из них (среднем), который при орбитальной ориентации (когда продольная ось корабля лежит в горизонтальной плоскости) «смотрит» вниз на Землю, установлен визир-ориентатор, используемый экипажем для визуальной ориентации по Земле при ручном управлении и для ориентации при сближении<sup>5</sup>.

Внутри спускаемого аппарата размещаются кресла экипажа, парашютные системы, двигатели мягкой посадки, система управляющих реактивных двигателей, используемых для ориентации аппарата при спуске, оборудование и аппаратура скафандров, систем жизнеобеспечения, управления, ориентации, радиосвязи, пеленгации, автоматики приземления, груз, возвращаемый со станции на Землю. В верхней сужающейся части спускаемого аппарата имеется люк, через который экипаж может переходить в орбитальный отсек, пристыкованный к верхнему торцовому шпангоуту спускаемого аппарата.

В орбитальном отсеке размещается оборудование систем жизнедеятельности, часть радиоаппаратуры, автоматика стыковки, аппаратура сближения. Здесь же в основном находится груз, доставляемый одновременно с экипажем на орбитальную станцию (часть груза размещается в спускаемом аппарате). В верхней части отсека (противоположной месту стыковки со спускаемым аппаратом) имеется активный стыковочный агрегат. На внешней поверхности отсека установлены часть антенн системы сближения. Общий объем орбитального отсека и спускаемого аппарата составляет около 10 м<sup>3</sup>.

Приборно-агрегатный отсек включает в себя переходную раму, приборную и агрегатную секции. На переходной раме, соединяющей приборную секцию со спускаемым аппаратом, устанавливаются часть двигателей причаливания и ориентации, баки с топливом, баллоны наддува, арматура, малый наружный радиатор СТР и антенна командной радиолинии. В приборной секции находится основное приборное оборудо-

---

<sup>5</sup> При визуальной ориентации по Земле экипаж видит с помощью этого прибора горизонт и «бег» местности под собой, что позволяет ему построить трехосную ориентацию. При сближении данный прибор работает как перископ подводной лодки, позволяя экипажу, находящемуся в спускаемом аппарате, смотреть, по направлению продольной оси корабля.



вание, обеспечивающее работу на орбитальном участке полета, но ненужное на участке спуска: перед спуском отсеки корабля разделяются, причем орбитальный и приборно-агрегатный отсеки сгорают в атмосфере, двигаясь по траектории спуска. В агрегатной секции устанавливаются сближающе-корректирующая двигательная установка корабля (с двумя двигателями), двигатели причаливания и ориентации, большой наружный радиатор СТР, часть источников тока системы электропитания корабля. На внешних поверхностях секции имеются датчики системы ориентации и антенны.

Перед установкой корабля на ракету-носитель он закрывается головным обтекателем. На вершине головного обтекателя устанавливается двигатель *системы аварийного спасения* (САС). Головной обтекатель выполняет две задачи: защищает корабль от воздействия потока газа при движении ракеты в плотных слоях атмосферы и уводит спускаемый аппарат с экипажем (за счет работы двигателя САС) в случае аварии ракеты-носителя в плотных слоях атмосферы. При нормальном ходе выведения на орбиту, после выхода ракеты из плотных слоев атмосферы, двигатель САС и головной обтекатель сбрасываются. После выведения на орбиту, когда двигатель последней ступени выключается, происходит отделение корабля от последней ступени.

Все процессы ориентации, управления двигателями, радиосредствами, работой систем жизнеобеспечения, терморегулирования, энергопитания, спуска и другими системами автоматизированы. Так что полет корабля может осуществляться без участия экипажа в управлении. Однако на корабле установлены и средства ручного управления, позволяющие экипажу при необходимости брать на себя управление процессами ориентации, коррекции, сближения и т. п.

*Система ориентации и управления движением (СОУД)* «Союза» обеспечивает ориентацию корабля в автоматическом и ручном режимах, выдачу корректирующих импульсов, управление процессами сближения и причаливания. В ее состав входят чувствительные элементы (инфракрасный построитель местной вертикали, ионные датчики для ориентации по вектору скорости, гироскопические датчики углов и угловых скоростей), радиосистема сближения, обеспечивающая измерение параметров относительного движения при сбли-

жении, визуальные приборы ориентации (оптические и телевизионные), счетно-решающие и коммутационные приборы, органы ручного управления и индикации. Причем СОУД решает свои задачи, работая совместно с системами реактивных управляющих двигателей причаливания и ориентации и со сближающе-корректирующей двигательной установкой.

Самым сложным режимом работы СОУД является процесс сближения. Перед выведением транспортного корабля «Союз» станция находится, как правило, на рабочей орбите с высотой около 350 км. Транспортный корабль выводится на орбиту тогда, когда плоскость орбиты станции проходит через точку старта и станция только что прошла над районами старта. Корабль выводится на промежуточную орбиту с минимальной высотой порядка 190—200 км и максимальной высотой порядка 250—270 км. Направление полета ракеты-носителя транспортного корабля (т. е. плоскость его траектории) выбирается таким образом, чтобы корабль после выведения летел в той же плоскости, что и станция. Момент старта выбирается таким образом, чтобы после выведения корабля он оказался примерно в 10 000 км позади станции.

Поскольку высота орбиты корабля меньше высоты орбиты станции, то период его обращения вокруг Земли меньше, чем период обращения станции, т. е. «Союз» движется относительно Земли быстрее, а следовательно, постепенно догоняет станцию вдоль орбиты. Чтобы уравнивать высоты корабля и станции и сблизить их к заранее выбранному моменту, проводится несколько коррекций (до четырех) орбиты транспортного корабля. Когда расстояние между кораблем и станцией становится меньше 25 км, по командам, заданным автоматикой, на корабле и на станции включается радиоаппаратура сближения. Затем начинается обмен радиосигналами, определяется направление, в котором находится искомый объект, и начинается взаимная ориентация корабля и станции так, чтобы стыковочный узел станции, намечаемый для стыковки, «смотрел» на корабль, а стыковочный узел корабля — на станцию.

После этого радиоаппаратура сближения передает в счетно-решающее устройство электрические сигналы, пропорциональные углам направления на станцию (линии визирования) в системе координат корабля, угло-

вой скорости линии визирования, дальности до станции и скорости ее изменения. По полученным параметрам относительного движения счетно-решающее устройство определяет, в каких направлениях (на разгон, торможение или в боковом направлении) нужно выдать импульс тяги маршевого двигателя корабля для сближения, затем выдает команды и обеспечивает прямую ориентацию и развороты корабля, включает и выключает двигатель. Все это осуществляется таким образом, чтобы скорости относительного движения, перпендикулярные линии визирования, «гасились», а радиальная скорость обеспечивала постепенное сближение корабля со станцией.

По мере приближения к станции скорость корабля уменьшается. Этот процесс — автоматическое сближение — продолжается до расстояния 200—300 м, между кораблем и станцией, на котором осуществляется переход в режим причаливания. В этом режиме корабль уже постоянно направлен своим стыковочным агрегатом в сторону станции, а управление движением его центра масс обуславливается работой координатных реактивных двигателей. Они обеспечивают выдачу требуемых импульсов как вдоль продольной оси корабля (на разгон и торможение), так и в двух других перпендикулярных направлениях (условно «вверх»—«вниз» и «вправо»—«влево»). Последний процесс может продолжаться в автоматическом режиме вплоть до причаливания.

В принципе экипаж может взять управление причаливанием в свои руки (управляя ориентацией корабля и включениями координатных двигателей) и закончить причаливание при ручном управлении. Для обеспечения возможности ручного управления причаливания и для контроля процесса, идущего автоматически, экипажам корабля и станции выдается информация о параметрах сближения, работе двигателей, о расходе топлива. Одновременно с помощью телевизионных камер (на станции и на корабле) и оптического визира-ориентатора экипаж наблюдает станцию (или соответственно корабль), ее движение и ориентацию.

СОУД позволяет управлять кораблем «Союз» до механического контакта стыковочных узлов, обеспечивая параметры относительного движения, необходимые для срабатывания стыковочного агрегата.

*Сближающе-корректирующая двигательная установка (СКДУ)* по командам автоматики СОУД или с пульта управления выдает импульсы тяги, необходимые для сближения, коррекций орбиты или для перевода корабля с орбиты на траекторию спуска. В состав установки входят два двигателя с тягой более 400 кгс каждый, пневмогидроавтоматика, баки с топливом и баллоны наддува (для обеспечения вытеснения топлива из баков и подачи его к двигателям). Чтобы газ наддува не смешивался с топливом в условиях невесомости, внутри баков имеются эластичные разделители газа и жидкости (так называемые мешки) из органической пленки.

*Система исполнительных органов ориентации (СИО)* обеспечивает создание управляющих моментов для ориентации корабля, для его стабилизации при работе сближающе-корректирующей двигательной установки, для разворотов в процессе сближения и для координатных перемещений во время сближения. В состав СИО входят 14 двигателей причаливания и ориентации тягой около 10 кгс каждый, 8 двигателей ориентации тягой примерно 1 кгс каждый, баки с топливом, баллоны наддува, пневмогидроавтоматика.

*Система управления спуском (СУС)* соответственно управляет движением спускаемого аппарата корабля «Союз» при его спуске с орбиты на Землю. В состав СУС входят гироскопические датчики углов и угловых скоростей, датчики перегрузок, счетно-решающие устройства. СУС обеспечивает стабилизацию аппарата и за счет управления ориентацией по крену регулирует вертикальную составляющую подъемной силы, что позволяет регулировать дальность спуска.

*Система исполнительных органов спуска* работает по командам СУС, обеспечивая создание управляющих моментов, необходимых для разворотов и стабилизации спускаемого аппарата. Элементы системы в основном расположены вне герметичного объема спускаемого аппарата, но под тепловой защитой. В систему входят 6 управляющих двигателей с тягой до 15 кгс каждый, баки с топливом, баллон наддува и автоматика.

*Система приземления* спускаемого аппарата работает на заключительном участке спуска корабля. При входе аппарата в атмосферу он имеет скорость около 7,8 км/с. За счет торможения в атмосфере Земли его скорость постепенно уменьшается (до дозвуковой) и к

высоте порядка 12 км составляет величину порядка 240 м/с. Именно благодаря работе этой системы осуществляется гашение скорости спускаемого аппарата до величины, обеспечивающей его безопасное приземление.

Данная задача решается совместной работой парашютных систем, двигателей мягкой посадки, автоматики и амортизаторов кресел, в которых находится экипаж при приземлении. Автоматика обеспечивает на заданной высоте выдачу команд на введение основной парашютной системы (а также запасной парашютной системы в случае, если основная не сработала), на подготовительные операции перед приземлением, на включение двигателей мягкой посадки непосредственно перед поверхностью Земли.

Парашютные системы устанавливаются в двух отдельных герметичных контейнерах, закрытых крышками.

*Система электропитания (СЭП)* состоит из автоматики и химических аккумуляторных батарей. Электропитание бортовых систем корабля «Союз» после его пристыковки к станции осуществляется от системы электропитания станции. Одновременно осуществляется и подзаряд аккумуляторов от СЭП станции. Подключение системы электропитания корабля к станции осуществляется через электроразъемы питания, установленные на обоих стыковочных агрегатах и соединяющихся при стягивании стыковочных шпангоутов.

*Система терморегулирования корабля (СТР)* поддерживает необходимые для экипажа температуру и влажность воздуха в спускаемом аппарате и в орбитальном отсеке, а также тепловой режим приборов в приборном отсеке, осуществляет термостатирование негерметичного агрегатного отсека, топливных магистралей системы исполнительных органов. В состав СТР «Союза» входят соответствующая автоматика, холодильно-сушильные агрегаты, газожидкостные теплообменники, два жидкостных контура (контур жилых отсеков и контур наружного радиатора) с насосами, обеспечивающими циркуляцию жидкости, кранами-регуляторами, компенсаторами. Оба контура связаны через жидкостно-жидкостный теплообменник.

Тепло, выделяющееся в отсеках, с помощью теплообменников передается жидкости, циркулирующей в контуре отсеков. Эта жидкость прокачивается затем

по трубкам, приваренным к корпусу агрегатного отсека, обеспечивая его термостатирование. Тепло от жидкости передается (через жидкостно-жидкостный теплообменник) жидкому хладагенту контура наружного радиатора, с помощью этого контура выносятся на радиатор, с которого и излучается в окружающее пространство. Автоматика и регуляторы позволяют регулировать температуру жидкости в контуре отсеков, а следовательно, и температуру стенок радиатора холодильно-сушильного агрегата (и соответственно уровень влажности) и температуру воздуха в отсеках.

Кроме двух основных контуров СТР, имеется вспомогательный, который после стыковки со станцией обеспечивает передачу тепла от станции контуру жилых отсеков. Все поверхности корабля, не занятые антеннами, двигателями и чувствительными элементами, а также поверхность корпуса под радиаторами СТР закрыты пакетами экранновакуумной изоляции.

*Системы обеспечения жизнедеятельности (СОЖ)* экипажа на корабле в принципе несут те же функции, что и аналогичные средства на станции. Разница заключается главным образом в том, что запасы, размещаемые в корабле, рассчитаны лишь на несколько суток. Кроме того, в состав корабельных средств СОЖ входят еще скафандры с бортовой системой газоснабжения и автоматикой, теплозащитные костюмы, а также средства, которые могут потребоваться в случае аварийной посадки в ненаселенной местности.

После пристыковки корабля к станции его СОЖ, обеспечивающие регенерацию воздуха в жилых отсеках, выключаются. В корабль из станции через открытый люк прокладывается воздухопровод, через который в жилые отсеки подается воздух из станции. Это обеспечивает нужный состав атмосферы корабля, степень влажности и устранение вредных газовых примесей из отсеков корабля.

Перед отстыковкой корабля от станции воздухопровод убирается, закрываются люки в обоих стыковочных узлах, на корабле включаются его регенераторы, поглотители и холодильно-сушильные агрегаты.

*Радиосредства корабля «Союз»* позволяют осуществить радиотелефонную связь экипажа с Землей в ультракоротковолновом и коротковолновом диапазонах, передачу на Землю телевизионного изображения от

внутренних и внешних телевизионных камер, телеметрическую информацию, контроль орбиты, прием на борту команд управления. Телефонная связь с центром управления полетом, передача команд и цифровой информации на борт корабля и прием информации с его борта осуществляются с помощью наземных и плавучих (на морских судах) пунктов измерения и управления, когда космический корабль находится в зоне их видимости. Связь с кораблем поддерживается практически на всех витках его орбиты: во время каждого оборота корабля вокруг Земли, как правило, есть возможность в течение времени от нескольких минут до десятков минут поддерживать связь с кораблем.

В случае необходимости непрерывного телеметрического контроля (например, во время осуществления маневров) включаются бортовые телеметрические запоминающие устройства. Они накапливают информацию, которая затем «сбрасывается» над наземными пунктами.

*Система управления бортовым комплексом (СУБК)* корабля служит для управления работой бортовых систем и координации их работы как в режимах автоматического управления (от программно-временных устройств, и по командам, передаваемым через радиолинию с Земли), так и в режимах ручного управления (со стороны экипажа). В состав СУБК «Союза» входят логические устройства, коммутаторы, силовая электроавтоматика (для подключения электропитания приборов и систем), пульт управления и командно-сигнальные устройства.

Практически во время полета корабля осуществляется комбинированное управление. Причем способ управления меняется в зависимости от требуемой гибкости операций в данный момент, располагаемого времени и т. д. Поэтому часть команд управления поступает непосредственно с Земли (через командную радиолинию), часть от программно-временных устройств, а часть выдается экипажем через командно-сигнальные устройства или с пульта (по просьбе с Земли).

Экипаж обычно проводит в корабле около одних суток. После выведения на орбиту и проверки герметичности жилых отсеков космонавты выходят в орбитальный отсек и снимают скафандры. На первых оборотах корабля вокруг Земли (их чаще называют витками)

проводится проверка бортового оборудования, основных динамических режимов работы корабля (ориентация, развороты, тесты аппаратуры сближения, выдвижение штанги стыковочного механизма), осуществляются первые две коррекции орбиты корабля. На следующий день осуществляются еще одна-две коррекции орбиты, сближение и стыковка корабля со станцией.

После стыковки и проверки герметичности соединения стыковочных шпангоутов корабля и станции экипаж открывает переходные люки обоих стыковочных узлов, переходит на станцию и начинает там работать. При этом осуществляется подзарядка буферных батарей корабля, шины электропитания бортовых систем корабля отключаются от собственной системы электропитания и подключаются к станционной системе. Периодически проводятся контроль состояния корабля с Земли по телеметрии и экипажем с пульта управления. Кроме того, корабль все время поддерживается в состоянии готовности к отделению от станции и спуску на случай необходимости.

При осуществлении длительной экспедиции на станцию в ходе ее полета проводится подмена корабля основной экспедиции кораблем очередной экспедиции посещения. После завершения работ на станции за несколько дней до спуска экипаж осуществляет консервацию станции, переносит в спускаемый аппарат оборудование, которое должно быть доставлено на Землю. За несколько витков до спуска космонавты переходят в корабль, закрывают люки, проверяют их герметичность, и затем корабль отделяется от станции. Спуск обычно осуществляется в Среднем Казахстане.

#### **ТРАНСПОРТНЫЕ ГРУЗОВЫЕ КОРАБЛИ «ПРОГРЕСС»**

Назначение грузовых кораблей — доставка сухих грузов, воды и топлива на орбитальный комплекс. «Прогресс» создан на базе конструкции и бортовых систем корабля «Союз» (см. последнюю страницу обложки). Его главные отличия от корабля «Союз» связаны с тем, что он должен работать в автоматическом варианте и не предназначен для возвращения на Землю. В принципе можно было бы создать пилотируемый грузовой корабль многоразового действия, но для его выведения потребовалась бы существенно более мощ-



ная ракета-носитель (а, следовательно, и более дорогая).

Это легко понять на примере корабля «Союз». Из всего состава корабля возвращается на Землю только спускаемый аппарат с массой, меньшей половины массы корабля. И когда корабль летит с экипажем, он может захватить с собой всего лишь несколько десятков килограммов груза. Чтобы доставить 2—2,5 т груза, нужно увеличить массу корабля на 2,5—3,0 т (с учетом конструкции). А если бы мы захотели сделать корабль многоразовым, то нам следовало бы объединить все его отсеки в одно целое и закрыть тепловой защитой. С учетом этого масса корабля должна была бы увеличиться в 1,5—2 раза, и, следовательно, для его выведения потребовалась бы ракета-носитель почти такой же мощности, что и ракета-носитель станции.

Если говорить об экономически эффективной транспортной системе Земля—орбита—Земля, то представляется целесообразным делать полностью многоразовый не только корабль, но и ракету-носитель. Но для решения этой задачи требуется существенно большее время. Поэтому при проектировании корабля «Прогресс» было принято решение делать его одноразовым и для его выведения использовать ракету-носитель корабля «Союз».

Грузовой корабль состоит из трех отсеков: *приборно-агрегатного, отсека компонентов дозаправки и грузового*. В грузовом отсеке доставляются научное оборудование, оборудование, необходимое для проведения ремонтно-профилактических работ, запасы средств жизнедеятельности (регенераторы, поглотители, пища, вода, одежда и т. п.). Корпус отсека сваривается из двух сферических полуоболочек и цилиндрической проставки между ними. Одной (нижней) стороной отсек устанавливается на опорном шпангоуте (отсека) компонентов дозаправки. На верхней части отсека размещается автономный стыковочный агрегат (типа штырь) с переходным люком, позволяющим экипажу станции после пристыковки грузового корабля к станции войти в грузовой отсек и переносить доставленное оборудование на станцию (транспортный грузовой корабль стыкуется со стороны агрегатного отсека станции — к промежуточной камере).

В отличие от стыковочного агрегата пилотируемого

корабля на агрегате грузового установлены два гидро-разъема, которые стыкуются с соответствующими разъемами на стыковочном агрегате промежуточной камеры. Через эти разъемы идет заправка станции горючим и окислителем. Внутри грузового отсека — обычный воздух при нормальном атмосферном давлении. Объем отсека около 6,6 м<sup>3</sup>. В нем может быть размещено до 1300—1400 кг оборудования. Громоздкое оборудование (типа регенераторов и т. п.) закрепляется непосредственно на силовой раме отсека, мелкое оборудование и небольшие приборы размещаются в контейнерах.

После переноса доставляемых грузов на борт станции перед отстыковкой корабля в освободившийся объем грузового отсека экипаж переносит отработавшее оборудование (типа регенераторов, поглотителей и т. п.), замененные неисправные приборы, контейнеры с отходами, появившимися в это время (чтобы лишней раз не использовать шлюзовые камеры), использованное белье и т. п. Объем станции ограничен и, если этого не делать постоянно, она оказалась бы загроможденной.

В отсеке компонентов дозаправки размещаются два блока с горючим (несимметричным диметилгидразином), два бака с окислителем (азотным тетраоксидом), баллоны со сжатым воздухом (для наддува станции) и азотом (для наддува баков с топливом при его пере-давлении в объединенную двигательную установку станции), пневмогидроавтоматика (редукторы давления, клапаны, датчики и т. п.).

Компоненты, размещенные в баках, химически агрессивны и ядовиты для человека, и поэтому недопустим какой-либо контакт их паров (например, в случае потери герметичности баков, магистралей и т. п.) с объемом жилых отсеков, а следовательно, и с объемом грузового отсека. Отсек компонентов дозаправки негерметичен, магистрали, идущие к заправочным разъемам на стыковочном узле, также проложены и по наружной поверхности. Аналогично, магистрали, идущие от заправочных разъемов станции к бакам с объединенной двигательной установкой, проложены снаружи промежуточной камеры в негерметичном агрегатном отсеке. Корпус отсека компонентов дозаправки термостатируется за счет прокачки жидкости внутреннего контура СТР по трубкам, приваренным к оболочке отсека.

Приборно-агрегатный отсек близок по конструкции и составу аппаратуры и оборудования, размещаемого в нем, к аналогичному отсеку корабля «Союз». Заметно отличается приборная часть отсека, объем которой увеличен вдвое за счет введения цилиндрической проставки. В дополнительном объеме размещается аппаратура управления дозаправкой и та часть радиоаппаратуры, которая на корабле «Союз» размещалась в орбитальном отсеке.

На наружных поверхностях корабля установлены антенны радиокомплекса, чувствительные элементы: два инфракрасных построителя местной вертикали (вместо одного на «Союзе»), ионные построители направления вектора скорости, а также управляющие реактивные двигатели. Установка второго инфракрасного построителя местной вертикали связана с тем, что на беспилотном корабле необходимо повысить надежность системы автоматической ориентации. Датчик, обеспечивающий построение местной вертикали, работает в инфракрасной области спектра. Этот выбор объясняется тем, что в случае использования датчика, работающего в видимой части спектра, он не смог бы обеспечить ориентацию корабля в тени Земли. Датчик же, работающий на приеме теплового излучения, хорошо «отличает» Землю и горизонт от космического пространства как над освещенной, так и над теневой стороной Земли.

В районе стыковочного узла устанавливаются три световых индекса и телевизионные камеры, которые позволяют визуально контролировать процесс приближения грузового корабля к станции (в том числе в тени Земли): с Земли по телеизображению корабля (через телекамеры станции) или со станции (через телекамеры корабля). Кроме визуального контроля экипаж (на пульте станции) и персонал центра управления полетом контролируют (на дисплеях) параметры относительного движения (дальность, радиальную скорость, угловые скорости, линии визирования), работу двигателей и автоматики. Данные о ходе процесса сближения передаются на Землю с помощью радиотелеметрической системы.

Перед дозаправкой компрессоры обеспечивают откачку газа в баллоны наддува из газовых полостей тех баков объединенной двигательной установки, которые

должны заправляться. Автоматика системы дозаправки обеспечивает проверку герметичности состыкованных гидроразъемов заправочных магистралей. По командам экипажа с пульта дозаправки или с Земли осуществляется наддув баков с компонентами в грузовом корабле, вскрытие клапанов, соединяющих эти баки и баки объединенной двигательной установки с заправочными магистральями, и перекачку топлива. Заправка осуществляется поочередно в каждый отдельный бак. После окончания заправки клапаны, соединяющие баки с заправочными магистральями, закрываются, и эта магистраль соединяется с открытым пространством и продувается. Эта операция осуществляется для того, чтобы при расстыковке остатки компонентов не попали на поверхность стыковочных узлов<sup>6</sup>.

### **РОЛЬ АВТОМАТИКИ И ЧЕЛОВЕКА НА БОРТУ ОРБИТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

Основными функциями управления и на космических кораблях и на орбитальных станциях, так же как и в любых сложных комплексах, являются координация и контроль работы бортовой аппаратуры, переключение бортовых систем в различные режимы работы, регулирование принятого режима, анализ состояния и работы бортовых систем и конструкции, а в случае необходимости введение резерва аппаратуры и оборудования.

Уже сейчас созданы средства, почти полностью автоматизирующие управление на борту и обеспечивающие (при наличии связи с Землей и выдачи команд управления с Земли) возможность осуществления полета корабля и станции в автоматическом режиме. При этом контроль и анализ состояния корабля или станции осуществляется по телеметрии на Земле коллективом специалистов, использующих автоматизированные средства обработки телеметрической и траекторной информации. Если бы эти средства не были созданы, нельзя было бы обеспечивать работу автоматических ретрансляторов, метеорологических спутников, автоматических межпланетных станций и зондов.

<sup>6</sup> Более подробно о технических характеристиках грузового корабля «Прогресс» см.: К. П. Феоктистов. Орбитальная станция «Салют-6». — В сб.: «Современные достижения космонавтики». М., «Знание», 1978.

Но тогда что же должен делать человек на станции?

С течением времени ответы на этот вопрос будут меняться. По сегодняшним представлениям можно назвать три группы задач, которые должен решать экипаж в полете. Первая группа связана с обеспечением надежности работы и безопасностью самого экипажа. Поскольку непосредственный контроль процессов, идущих на станции, возможен сейчас только в зоне радиовидимости наземных командно-измерительных пунктов, а в зоне видимости этих пунктов станция находится не более 20—30% общего времени полета, то считается необходимым все сложные процессы, которые хотя бы частично происходят вне зоны радиовидимости наземных пунктов, вести под контролем экипажа, а особо важные из них — под одновременным двойным контролем — с Земли и экипажем<sup>7</sup>.

К этой же группе задач относится возможность (по результатам анализа или по рекомендации с Земли) взять на себя управление операциями в случае, если в ходе автоматического процесса обнаруживаются недопустимые или тревожные отклонения. Так, например, на кораблях «Союз» экипаж может взять на себя управление ориентацией и стабилизацией, включать и выключать корректирующий двигатель, управлять «вручную» процессом сближения, включать и выключать аппаратуру и т. п.

В данном случае человек на борту выполняет функции резервного логического, счетно-решающего и командного устройства, являющегося одновременно и «чувствительным элементом» (визуальная ориентация—определение положения в пространстве). Много таких же функций человек может выполнять и на станциях «Салют». Выступая в качестве резервной системы, человек повышает надежность орбитального комплекса и безопасность полета. По современным представлениям, дублирование жизненно важных автоматических систем — это обязательная функция человека на космическом аппарате.

Вторая группа задач связана с осуществлением ре-

---

<sup>7</sup> Контроль со стороны экипажа подразумевает просмотр информации о функционировании бортовых систем, которая выводится на пульты управления, анализ этой информации, сравнение с ожидаемой в данном процессе картиной, и оценка правильности работы бортовой аппаратуры.

монтажно-профилактических, наладочных и других работ по обслуживанию станции. К ним относятся ремонт или замена вышедших из строя или явно исчерпавших свой ресурс приборов и агрегатов, перенос из грузового корабля в станцию доставленного оборудования, его установка, подключение к борту и проверка его функционирования, регулировка и настройка, уборка станции, шлюзование отходов. К этой группе задач относятся работы, в которых трудно заменить человека.

Каждая из этих операций достаточно проста и элементарна и описывается обыденным языком достаточно просто: «взять блок  $H$ , поставить его за панелью  $M$  на место  $B$ , соединить разъемы  $A, B, C, \dots$  на блоке с разъемами  $A^1, B^1, C^1, \dots$  бортовой кабельной сети и по инструкции  $K$  провести проверку правильности подключения, а затем и работу прибора». Но для каждого прибора это своя, каждый раз разная информация, и за каждым конкретным указанием (например, «взять блок  $H$ ») подразумевается целый ряд задач.

Действительно, здесь нет типовых, легко алгоритмизируемых действий. Такие операции без участия человека можно будет осуществлять только после создания роботов, которые немногим будут уступать человеку, но могут иметь большую емкость памяти, мощные вычислительные устройства, приемники внешней информации и исполнительные органы («руки», средства перемещения). С точки зрения инженера, человек представляет собой именно такую сложную машину. Даже для осуществления таких простейших операций, как видение предметов и окружающей обстановки, мозг человека совершает громадное количество операций, позволяющих в сознании (а не на сетчатке глаза!) построить видимую картину.

Дело в том, что глаза человека, его голова, он сам все время двигаются, поворачиваются. Поэтому глаз как оптическая система обеспечивает построение на сетчатке все время движущейся картины, так как из-за движения глаза, головы, и т. п. на каждый данный элемент сетчатки попадают различные части изображения, все время меняющегося. В то же время мы воспринимаем внешний мир стабильным, легко выделяя движущиеся предметы от неподвижных.

Это является следствием того, что определенная часть мозга человека, действуя как специализирован-

ный компьютер, использует информацию с каждой точки сетчатки, информацию о положении глаза, головы и т. п., запомненную ранее информацию о предыдущем расположении предметов. При этом полученные сигналы «пересчитываются» в неподвижную систему координат (относительно каких-то реперных предметов в поле зрения), где и строится изображение. Возможно, что не менее сложным является и процесс опознавания предмета. И для решения подобных задач, по-видимому, необходимо создание миниатюрных процессоров с миллиардами элементарных счетных элементов.

К третьей группе задач относятся работы, непосредственно связанные с осуществлением научных исследований и экспериментов. Если разбирать каждую отдельную задачу исследований и экспериментов, то почти каждый раз можно найти возможность легко автоматизировать процесс. Рассмотрим, например, астрофизические наблюдения, проводимые с помощью какого-либо телескопа. В этом случае можно представить такую последовательность операций:

ориентировать станцию таким образом, чтобы ось телескопа смотрела в заданную точку неба, а затем поддерживать эту ориентацию;

подготовить телескоп, его электронные блоки и приемники к работе, т. е. выполнить ряд последовательных операций по включению определенной последовательности режимов, включить питание, раскрутить гиросприборы или компрессоры и холодильные установки, подключить астрогиды, их приводы и т. п.;

подготовить к включению и включить систему регистрации измеряемых параметров и контроля работы обеспечивающих систем;

включить телескоп, провести измерения и их регистрацию;

переориентировать станцию на новый источник и опять провести регистрацию и т. д. вплоть до окончания серии наблюдений.

Очевидно, что все эти операции, легко алгоритмизируются<sup>8</sup>, а возможность автоматизации этого процесса,

<sup>8</sup> Под алгоритмизацией здесь понимается описание словами или уравнениями, или логическими условиями всех операций, из которых состоит функционирование данной машины, процесса и которые нужно выполнить для решения задачи данных наблюдений или экспериментов.

включая выполнения подстроек, выбора целей, времен экспозиций и т. п., не вызывает сомнений. То же самое можно сказать и о таких работах, как фотографирование, технологические и биологические эксперименты. Правда, здесь тут же возникают некоторые осложнения: простые процессы перезарядки кассет, технологических печей, термостатов автоматизируются дорогой ценой существенного усложнения, а, например, оценку «стоит ли осуществлять фотосъемку: не слишком ли много облаков» в автоматическом режиме решить весьма затруднительно.

Причем следует отметить, что работает и другой фактор — сам факт наличия человека на станции. Если заранее известно, что на станции будет находиться человек, то зачем многократно усложнять аппаратуру (например, решая задачу многократной перезарядки фотоаппаратуры) и тем самым снижать надежность выполнения экспериментов? Ведь человек легко сам может настроить аппаратуру, установить капсулу в нагревательную печь, набрать с пульта требуемый режим плавки и т. п. Некоторые из этих работ — регулировки, настройки, изменения программы измерений — и в будущем желательно оставить за человеком.

Но все это приводит к тому, что человек на станции оказывается вовлеченным в слишком большой и разнообразный круг операций. Это приводит, с одной стороны, к перегрузке, а с другой стороны — к снижению эффективности всего комплекса, поскольку по сравнению с машинами человек на станции обладает определенными недостатками. Он должен тратить время на сон (9 ч — такова норма, принятая сейчас на станциях «Салют»), на физические упражнения (2,5 ч — такова необходимая плата за профилактику невесомости), на завтрак, обед и ужин (минимум 2 ч, учитывая время на приготовления к «трапезе»), на отдых (1—1,5 ч — так называемое «личное время»), на связь с Землей (1—1,5 ч в сутки), на медицинский контроль (около 1 ч).

Таким образом, время, которое он может выделить на целенаправленную работу, составляет в день всего несколько часов. А ведь нужно еще учесть два выходных дня в неделю, дни медицинского контроля, дни, идущие на операции обслуживания (коррекции, стыковки, расстыковки, консервации, расконсервации, пе-



ренос грузов, заправки и т. п.). Все это приводит к тому, что время, выделяемое на выполнение исследований и экспериментов уменьшается, и временной КПД пилотируемой станции оказывается низким.

Как же выйти из этого положения?

В случае решения задач первой группы очевидно, что следует стремиться к тому, чтобы полностью освободить человека от функций контроля и управления бортовой аппаратурой, от функции анализа состояния. Однако это, конечно, осуществимо лишь при условии проведения необходимых мероприятий по увеличению надежности работы и по обеспечению контроля и анализа состояния комплекса без участия экипажа. Разрешение данной проблемы возможно двумя путями, и, по-видимому, какое-то время будет использоваться и тот и другой.

Первый путь — обеспечение функций управления бортовой аппаратурой, контроля и анализа состояния за счет работы наземной службы, что возможно только в случае обеспечения практически непрерывной радиосвязи Земля—орбитальный комплекс. Этого можно добиться либо за счет равномерного размещения на поверхности суши и океанов достаточно большого количества командно-измерительных пунктов (порядка 200—300 пунктов), связанных каналами связи с центром управления полетом, либо за счет использования системы спутников-ретрансляторов для непосредственной связи со станцией, располагаемых на стационарной орбите (как это, например, было осуществлено во время совместного полета кораблей «Аполлон» и «Союз» в 1975 г.).

На современном уровне техники управление и связь через ретрансляторы представляются вполне реальными и осуществимыми. Причем на Земле вполне возможно обеспечить практически непрерывный оперативный контроль и анализ состояния орбитального комплекса и идущих на нем процессов, выдачу на системы и агрегаты необходимых команд в требуемые моменты времени. Это позволит вести активные сложные процессы и во время сна или отдыха космонавтов, выполнения ими физических упражнений и т. п.

Недостатками же данного направления являются недостаточная автономность станции, необходимость вовлечения в непрерывную работу с данной станцией спе-

циалистов центра управления полетом, наземных пунктов связи через спутники-ретрансляторы, загрузка самих ретрансляторов передачей «сырой» (необработанной) информации. И по мере увеличения количества находящихся на орбите станций и кораблей этот путь станет явно неприемлемым, и в будущем, по-видимому, придется ориентироваться на другой.

Этот второй путь предусматривает установку на борту комплекса мощных и надежных бортовых вычислительных машин, способных обрабатывать и анализировать результаты измерения параметров, характеризующих работу и состояние комплекса, его бортовых систем. Возможность алгоритмизации обработки и анализа состояния вполне очевидна. Обычно это осуществляется путем сравнения измеренной величины с ее номинальным значением (и интервалом допуска), или с графиком ее изменения, затем по комплексу параметров определяются алгоритмы: «в сумме — все в порядке или нет?» и «где недопустимое отклонение?». Такие алгоритмы обработки и анализа уже реализуются на наземных вычислительных машинах.

Для реализации второго пути требуется создать комплекс миниатюризированных бортовых машин, которые могли бы решать аналогичные задачи на борту станции.

Однако первый и второй способы решения вопросов надежности и безопасности не будут исключать возможности того, что в случае возникновения опасной ситуации экипаж сможет брать управление на себя. Но, как правило, экипаж станции не должен будет заниматься этими вопросами.

Примерно то же следует сказать и о третьей группе задач, касающихся проведения исследований и наблюдений: все, что без больших усилий может быть автоматизировано, должно быть автоматизировано. Конечно, за человеком здесь останется большое количество экспериментов и наблюдений (например, визуальные наблюдения), которые нерентабельно автоматизировать. Что же касается второй группы задач человека, задач по обслуживанию техники станции (настройки, регулировки, перенос, установка, подключение оборудования и т. п.), то эта область, по-видимому, надолго останется за человеком.

Главные задачи человека на орбитальном комплек-

се — готовность приема новой и неожиданной информации, ее переработка и возможность принятия незапрограммированного, но нужного в данный момент решения. Обсуждение роли автоматике и человека на станции проводилось здесь на примере орбитального комплекса, но если такое рассмотрение провести на примерах специализированных станций, то мы получим те же выводы: человек не должен выполнять примитивную, легко алгоритмизируемую работу. Он должен делать то, что автоматизируется с трудом, в частности, прием новой, незапрограммированной информации, ремонт, настройки, регулировки, изменение программ работ и т. п.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОРБИТАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

С разрешением проблемы «человек—автоматика» связана и более общая проблема — будущее орбитальных комплексов. Надо иметь в виду, что перед обитаемыми орбитальными научными комплексами впереди отнюдь не «безоблачное небо». Жизнь ставит ряд принципиальных вопросов, и главный из них — место человека на орбите, необходимая степень непосредственного участия человека в космических работах.

В настоящее время есть и сторонники активного участия человека, есть и противники. И трудно сказать, кого больше. Сторонники непосредственного участия человека в работах на орбите, помимо логических доводов, невольно опираются на естественное для человека стремление расширить сферу жизни и деятельности, проникнуть за ранее достигнутые границы, т. е. проникнуть в новую для себя область. Тут наверняка проявляется одна из глубоких природных особенностей человека — извечное стремление к новому, любопытство, стремление к самоутверждению.

Противники широкого участия человека в космических операциях пользуются более конкретными и на первый взгляд более весомыми доводами — экономичностью и безопасностью. Сторонники использования в основном автоматических аппаратов исходят из принципиально правильного положения: если делать специализированные космические аппараты, то они легко могут быть сделаны полностью автоматическими. Как уже го-

ворилось, задачи управления, ориентации, астрофизических исследований, фотографирования Земли и т. п. алгоритмизируются, а следовательно, могут решаться с помощью «автоматов».

Очевидно, что решение определенных задач в космонавтике с использованием автоматов существенно дешевле, чем с помощью человека. Действительно, автомат может работать круглосуточно (а не несколько часов в сутки) и без выходных дней. Кроме того, отсутствуют затраты, связанные с изготовлением и запуском пилотируемых кораблей для доставки человека к «месту работы» и для его возвращения на Землю, а также затраты на обеспечение в космическом орбитальном аппарате условий, необходимых для работы и жизни человека (соответствующие герметичные объемы, средства отдыха и профилактики невесомости, кислород, вода, пища и т. п.).

Однако в пользу использования человека можно привести соображения о надежности решения задач в космонавтике: человек на борту космического аппарата может не только взять в трудную минуту управление на себя, но главное — заменить вышедший из строя прибор или отремонтировать его, устранив неисправность. Действительно, и во время полета станции «Салют-4» и особенно во время полета станции «Салют-6» были ярко продемонстрированы преимущества, связанные с присутствием человека. Например, только в начале полета третьей основной экспедиции на «Салюте-6» были проведены ремонтно-профилактические работы по освобождению одного из баков горючего объединенной двигательной установки, по замене акустических гарнитур системы радиотелефонной связи и блоков телевизионной аппаратуры, по установке телевизионного приемника и замене одного из радиопередатчиков, по ремонту видеомэгнофона и установке дополнительного блока аккумуляторов и т. д.

Подобные работы позволяют закрывать «узкие» места в ресурсе бортовых систем и таким образом увеличивать время работы и использования космического аппарата. Правда, на эти доводы сторонники использования автоматов отвечают тем, что уже сейчас доказана возможность создания надежных автоматов, которые способны работать без отказов, выполняя свои задачи в течение нескольких лет. К ним относятся спутники

связи (есть много примеров их работы в течение 2—3 лет), автоматические межпланетные станции-зонды (например, первые полеты к Юпитеру заняли около 5 лет), метеорологические спутники и много других. Утверждается (и в принципе правильно), что за счет создания новых электрорадиоэлементов и агрегатов с ресурсом работы порядка 5—10 лет, за счет глубокого резервирования можно обеспечить работу автоматических аппаратов в течение, скажем, 10 лет. А больше и не нужно, поскольку за 10 лет в наше время почти любая машина «морально» стареет и должна заменяться на новую, более совершенную.

Как разобраться в этих противоречивых соображениях, каждое из которых не вызывает сомнений? В-первых, можно утверждать, что у человека в этом смысле есть «твердый» плацдарм — орбитальная многоцелевая космическая лаборатория. Сейчас присутствие человека на борту комплекса представляет максимальные возможности по проведению самых разнообразных экспериментов, позволяет расширять или менять программы экспериментов в ходе полета.

Кроме того, многие работы без участия человека просто нельзя проводить. К ним относятся визуальные наблюдения, обработка средств жизнеобеспечения, биологические исследования, все они потребуются для межпланетных полетов и для длительной работы человека в космосе, исследования возможностей человека длительно жить и работать в условиях космического полета.

Однако научные орбитальные комплексы — это только начало активной деятельности человека в космосе. Трудно представить, что, имея принципиальную возможность создания межпланетных кораблей, человечество откажется от ее использования и не будет посылать межпланетные экспедиции для более глубокого исследования планет Солнечной системы.

Но и это, по-видимому, не основное направление будущей деятельности человека в космосе. Представляется возможным в недалеком будущем развить промышленную деятельность — создание промышленных объектов на орбите. Проводимые в настоящее время технологические эксперименты показывают, что, может быть, окажется целесообразным наладить на орбите промышленное производство уникальных материалов,

сверхчистых кристаллов, оптических материалов, биологических препаратов. Наверное, такое производство будет максимально автоматизировано. Но в любом случае придется налаживать оборудование, обеспечивать доставку сырья и возвращение конечного продукта, отрабатывать технологические линии. Все это трудно представить без участия человека.

Есть еще одно направление, связанное с необходимостью участия человека — создание на орбите электростанций для снабжения Земли электроэнергией. Эта проблема привлекает внимание инженеров и ученых разных стран. Учитывая ограниченность топливных ресурсов на Земле, все более обостряющуюся проблему загрязнения атмосферы со стороны теплоэлектростанций, опасности, связанные с загрязнениями природной среды при широком развитии ядерной энергетики (особенно при авариях), представляется целесообразным исследовать возможность получения электроэнергии с помощью солнечных орбитальных электростанций мощностью в несколько миллионов киловатт.

В состав такой электростанции, находящейся на стационарной орбите, должны входить устройства сбора солнечной энергии и ее преобразования в электрическую, устройства преобразования электроэнергии в излучение микроволнового диапазона и передатчики энергии на Землю (по радиоканалу) с помощью остро направленной антенны, средства ориентации сборников энергии на Солнце и передающей антенны на заданный пункт на поверхности Земли, где энергия радиоизлучения будет приниматься и преобразовываться в электроэнергию.

Оценки показывают, что масса такой электростанции составит величину порядка 100 000 т, а диаметр передающей антенны — порядка 1 км! Уже из этих цифр ясно, что на пути создания электростанции имеются грандиозные трудности. При этом существенное значение имеет стоимость доставки грузов на орбиту (напомним, что речь идет о стационарной орбите), монтажа станции на орбите и стоимости полуфабрикатов.

Если условно принять примерно равное распределение расходов, отнесенных к этим трем основным статьям, то для того, чтобы подобное производство энергии было рентабельным, стоимость доставки одной такой станции на орбиту должна составлять около

50 рублей за килограмм. Надо сказать, что современные средства доставки на орбиту и стоимость оборудования (например, стоимость килограмма солнечных батарей) обходятся во много раз дороже. Например, планируемая стоимость доставки оборудования с помощью американской многоразовой транспортной системы составляет примерно 350—500 долларов за килограмм. Таким образом, чтобы решить эту задачу, нужно по крайней мере на порядок снизить стоимость доставки и при этом обеспечить возможность создания гигантского потока грузов на орбиту. Ведь если говорить о солнечных орбитальных электростанциях, то их создание будет иметь смысл только в том случае, если они смогут внести существенный вклад в земную энергетику.

В настоящее время мощность наземных электростанций составляет около 1 млрд. кВт. Учитывая, что создание орбитальных электростанций возможно не ранее 2000 г., и принимая суммарную мощность таких станций также порядка 1 млрд. кВт, только доставка оборудования и элементов электростанций на монтажную орбиту для дальнейшей сборки потребуют 500 000 полетов таких кораблей, как разрабатываемые сейчас в США транспортные корабли «Спейс Шаттл». Если предположить, что такая программа займет 25—50 лет, то придется осуществлять 10 000—20 000 запусков в год.

По всей видимости, для реализации программы солнечных орбитальных электростанций потребуются создание других транспортных систем, способных доставлять на орбиту в одном полете 200—400 т при стоимости доставки грузов на орбиту в 10—20 раз дешевле, чем с помощью «Спейс Шаттл». Даже при наличии космического флота из 50—100 таких перспективных транспортных кораблей, введение в строй одной-двух орбитальных электростанций в год вызовет необходимость осуществить около 20 запусков этих кораблей в год.

Кроме того, помимо доставки необходимого оборудования и элементов конструкций электростанций на монтажную орбиту, необходимо производить их сборку, доставку собранных станций или их частей на стационарную орбиту. Конечно, для того чтобы вести все эти работы, придется создавать на орбите автоматизированные заводы, которые из полуфабрикатов, доставляемых с Земли (например, лент для сварки труб будущих

ферм), будут производить фермы, панели батарей, элементы радиоантенн и т. п.

Однако для ведения таких работ потребуются не только автоматизированные заводы, механизмы и т. п., но и персонал, который будет управлять производством, осуществлять монтаж орбитальных электростанций. Следовательно, на орбите придется создать производственно-жилые комплексы, включающие в себя орбитальные станции (откуда можно было бы вести управление комплексом, где люди могли бы жить, отдыхать и т. п.), а также сборочные стапели, заводы по производству деталей станций.

Несмотря на все эти проблемы, задача создания рентабельных солнечных орбитальных электростанций не представляется практически неразрешимой. Уже сама постановка задачи обычно наталкивает специалистов на несколько вариантов ее возможного решения. Все проблемы технически понятны, и, как правило, это означает, что они в принципе решимы. И если эксплуатация солнечных орбитальных электростанций, возможно, будет одной из основных областей промышленной деятельности человечества в космосе в будущем веке, то гораздо раньше, по мнению некоторых специалистов, станет возможным получение электроэнергии на орбитальных станциях, способной воздействовать на земной климат.

Действительно, направляя потоки энергии с помощью специальных излучателей на центры образования циклонов, тайфунов, на отдельные точки метеорологических фронтов (при подборе соответствующих диапазонов излучения), можно рассеивать эту энергию на земной поверхности или на заданной высоте атмосферы Земли, воздействуя на нежелательные метеорологические процессы.

Все эти примеры показывают, что промышленная деятельность, возможно, станет в будущем основной сферой деятельности человека на орбите вокруг Земли, как в составе отдельных станций, так и на борту научно-прикладных и производственных комплексов, имеющих народнохозяйственное значение.

Роль человека в работе этих комплексов вполне очевидна, несмотря на предполагаемый значительный прогресс в автоматизации множества отдельных операций при работе этих комплексов.



## СОДЕРЖАНИЕ

Немного истории . . . . .	3
Конструкция орбитального комплекса «Салют-6»—«Союз» . . . . .	10
Бортовые системы станции «Салют-6» . . . . .	22
Система ориентации и управления движением станции (СОУД) . . . . .	22
Объединенная двигательная установка (ОДУ) . . . . .	23
Система электропитания (СЭП) . . . . .	24
Система ориентации солнечных батарей (СОСБ) . . . . .	25
Система терморегулирования (СТР) . . . . .	26
Система обеспечения жизнедеятельности (СОЖ) . . . . .	27
Комплекс радиосредств станции . . . . .	31
Стыковочное устройство . . . . .	33
Система управления бортовым комплексом (СУБК) . . . . .	34
Научная аппаратура . . . . .	35
Транспортные пилотируемые корабли «Союз» . . . . .	36
Транспортные грузовые корабли «Прогресс» . . . . .	47
Роль автоматики и человека на борту орбитального комплекса . . . . .	51
Перспективы развития орбитальных комплексов . . . . .	58

**Константин Петрович Феоктистов**

### НАУЧНЫЙ ОРБИТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Гл. отраслевой редактор *В. П. Демьянов*

Редактор *Е. Ю. Ермаков*

Мл. редактор *О. А. Васильева*

Обложка *Л. П. Ромасенко*

Худож. редактор *М. А. Гусева*

Техн. редактор *С. А. Птицына*

Корректор *Н. Д. Мелешкина*

ИБ № 2813

Сдано в набор 18.12.79 г. Подписано к печати 11.02.80 г. Т 01333.  
Формат бумаги 84×108/32. Бумага № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,48.  
Тираж 30 300 экз. Заказ № 2452. Цена 11 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4.  
Индекс заказа 804203. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

