

НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

10/1976

СЕРИЯ
КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ

К.Д. Бушуев

ПОДГОТОВКА
И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ
ПРОГРАММЫ
ЭПАС



НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

Серия «Космонавтика, астрономия»
№ 10, 1976 г.
Издается ежемесячно с 1971 г.

К. Д. Бушуев,

член-корреспондент АН СССР

**ПОДГОТОВКА
И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ
ПРОГРАММЫ ЭПАС**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1976

СОДЕРЖАНИЕ

История зарождения проекта ЭПАС	3
Технические аспекты совместимости космических систем	9
Космический корабль «Союз»	32
Космический корабль «Аполлон»	42
Основные этапы совместного полета кораблей «Союз» и «Аполлон»	46
Итоги программы ЭПАС	57

А. А. Леонов и Т. Стаффорд в переходном отсеке корабля «Аполлон»

Советские и американские специалисты на космодроме Байконур

А. А. Леонов и В. Н. Кубасов после приземления

Бушуев К. Д.

Б 94 Подготовка и осуществление программы ЭПАС. М., «Знание», 1976.

64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Космонавтика, астрономия», 10. Издается ежемесячно с 1971 г.)

1975 год ознаменовался выдающимся достижением в области космонавтики — экспериментальным полетом «Аполлон»—«Союз» (ЭПАС). За прошедший после этого события год были подробно проанализированы результаты этого полета, подведены итоги деятельности рабочих групп, участвующих в разработке технического проекта ЭПАС. В данной брошюре технический директор проекта с советской стороны К. Д. Бушуев рассказывает о научно-технических достижениях, к которым пришли советские и американские специалисты в ходе подготовки и осуществления программы ЭПАС, подводит краткие итоги этого выдающегося эксперимента.

Брошюра рассчитана на широкий круг читателей.

Б $\frac{31901-167}{073(02)-76}$ 55—76

6Т6

© Издательство «Знание», 1976 г.

История зарождения проекта ЭПАС

12 апреля 1961 г. Юрий Алексеевич Гагарин первый из землян и наш соотечественник на космическом корабле «Восток», созданном советскими учеными, инженерами, рабочими, вышел на орбиту вокруг Земли. Отважный полет Юрия Гагарина послужил началом великого штурма космоса пилотируемыми аппаратами, и трудно переоценить значение этого выдающегося события в истории человечества. То, что в течение веков казалось сказкой, стало былью.

За прошедшие после этого полета 15 лет осуществлено много других космических пилотируемых полетов. Созданы многоместные космические корабли, орбитальные станции, способные обеспечить длительные полеты людей в космосе с выполнением больших программ научных и технических экспериментов. Стремительно увеличивалась длительность полетов космических кораблей, объем и сложность программ, выполняемых космонавтами.

Вслед за полетами космических кораблей «Восток» вскоре начались полеты многоместных кораблей «Восход». К этому времени был накоплен опыт, решены многие технические задачи, позволившие перейти к созданию космических кораблей серии «Союз». Эти корабли предназначались для осуществления более широкой программы научно-технических исследований, в том числе и для задач, связанных с созданием орбитальных станций, для чего корабль «Союз» создавался и как транспортный корабль, способный осуществлять сближение и стыковку с другим кораблем или станцией. Советские космонавты, летая на кораблях «Союз», много раз осуществляли стыковки кораблей между собой и с орбитальной станцией «Салют». С 1967 г. корабль «Союз» прошел путь от экспериментальных испытательных полетов до обслуживания орбитальных станций «Салют», и, наконец, корабль «Союз» участвовал в первом международном космическом полете по программе ЭПАС.

Задачи создания орбитальных станций и кораблей для их обслуживания стали основными в советской программе пилотируемых космических полетов.

В последующие годы были запущены орбитальные

станции «Салют-3», «Салют-4», которые имели ряд усовершенствований в конструкции и бортовом оборудовании. Экипажами станций была осуществлена обширная программа исследований, имеющих большую ценность для народного хозяйства, науки и развития космической техники.

На станции «Салют-4» работали две экспедиции космонавтов. На орбитальной станции «Салют-5» побывал экипаж «Союза-21» в составе Б. В. Волынова и В. М. Жолобова. После выполнения 48-суточной программы космических экспериментов космонавты благополучно вернулись на Землю 24 августа 1976 г.

Станции «Салют» обслуживаются с использованием транспортных кораблей «Союз».

В США велась также интенсивная работа по освоению космического пространства человеком. Вслед за кораблями «Меркурий» и «Джемини» появился корабль «Аполлон», специально созданный для полетов человека на Луну. Для этой же цели была создана мощная ракета-носитель «Сатурн-5». С использованием комплекса «Аполлон—Сатурн» были успешно осуществлены полеты американских астронавтов на Луну. Корабль «Аполлон» использовался впоследствии также, как транспортный корабль для обслуживания орбитальной станции «Скайлэб».

В советской космической программе, в отличие от американской, пилотируемые корабли применялись только для полетов в околоземном космическом пространстве с целью проведения научных исследований, в основном для решения прикладных задач в интересах народного хозяйства, в то время как научные программы изучения Луны и планет Солнечной системы успешно осуществлялись с использованием автоматических космических аппаратов.

Достигнутый уровень развития космической техники, наличие в Советском Союзе космического корабля «Союз» и в США — космического корабля «Аполлон» создали реальную научно-техническую основу для разработки программы ЭПАС.

Однако, это условие было необходимое, но не достаточное. Для того чтобы идея международного совместного пилотируемого космического полета получила воплощение в реальной программе, необходимо было на-

личие по крайней мере двух следующих важных условий:

1. Развитие международного сотрудничества в освоении космоса.

2. Позитивные сдвиги в советско-американских отношениях и общее улучшение климата международных отношений благодаря неуклонному претворению в жизнь Программы мира, провозглашенной нашей партией, горячо поддерживаемой всем советским народом, всем прогрессивным человечеством.

С развитием космической техники, с расширением областей ее применения для решения прикладных задач и научных исследований растет стремление разных стран участвовать в исследовании и освоении космического пространства. Однако для большинства стран мира еще длительное время единственной реальной возможностью участия в освоении космоса остается международное сотрудничество. Но и для тех государств, которые имеют возможность самостоятельно осуществлять космические полеты (в настоящее время это прежде всего Советский Союз и США), по мере осложнения космических программ, особенно связанных с межпланетными полетами, созданием больших орбитальных станций, особый интерес представляет международное сотрудничество, в частности для объединения усилий при осуществлении этих сложных, дорогостоящих программ.

Советский Союз уже вскоре после запуска первого в мире искусственного спутника Земли вынес на обсуждение XIII сессии Генеральной Ассамблеи ООН конкретное предложение о разработке международных соглашений, определяющих мирное и деловое сотрудничество всех государств в исследовании и использовании космического пространства.

Вначале контакты между учеными разных стран ограничивались обменом научной информацией. Затем были выведены на орбиту первые международные спутники. Девять стран социалистического содружества, например, успешно сотрудничают в работах по программе «Интеркосмос». Советский Союз заключил, кроме того, международные соглашения о сотрудничестве в области мирного освоения космического пространства с Францией, Индией, Швецией.

Контакты между советскими и американскими уче-

ными начались со времени запуска первых советских искусственных спутников. В июне 1962 г. было заключено первое соглашение о сотрудничестве между Академией наук СССР и НАСА (Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства) США.

После этого сотрудничество советских и американских ученых все время развивается и, начиная с 1970—1971 гг., благодаря наметившейся разрядке в международных отношениях получили большое развитие совместные советско-американские работы по освоению космоса.

В январе 1971 г. в Москве президент Академии наук СССР академик М. В. Келдыш и исполняющий обязанности директора НАСА США доктор Дж. Лоу подписали документ о совместной деятельности Академии наук СССР и НАСА США в области космической физики, космической метеорологии, изучения природной среды, космической биологии и медицины.

Мощный импульс совместным работам советских и американских ученых дало подписанное 24 мая 1972 г. межправительственное соглашение между СССР и США о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. Это соглашение охватывает ряд направлений совместных научных исследований в области изучения Луны, планет Солнечной системы, в области космической метеорологии, изучения природной среды, космической биологии и медицины. Центральным местом в межправительственном соглашении от 24 мая 1972 г. является взаимное обязательство о проведении работ по созданию совместимых средств сближения и стыковки советских и американских пилотируемых космических кораблей и станций с целью повышения безопасности полетов человека в космосе и обеспечения возможности осуществления в дальнейшем совместных научных экспериментов. В частности, соглашением предусматривалось осуществление в течение 1975 г. первого экспериментального совместного полета советского космического корабля «Союз» и американского космического корабля «Аполлон» со сближением, стыковкой и взаимным переходом космонавтов.

Проблема оказания помощи в космосе становится все более актуальной по мере развития пилотируемых

космических полетов. Вопросы безопасности космических полетов всегда находятся в центре внимания ученых и инженеров, создающих космические аппараты. Корабль и его системы подвергаются тщательной экспериментальной проверке на Земле в специальных установках, максимально имитирующих условия космического полета. В комплекс бортовых систем оборудования корабля, как правило, закладывается принцип резервирования (дублирования, троирования) систем, приборов, отдельных элементов. Однако, несмотря на все принимаемые меры, до сих пор полеты в космосе остаются далеко не безопасным делом.

Советские и американские космические программы предусматривают дальнейшее развитие пилотируемых полетов в околоземном космическом пространстве. Решение круга актуальных задач, которые ставятся в этих программах, имеет важное значение для деятельности человека на Земле в самых различных областях, поэтому следует ожидать, что космические пилотируемые полеты в СССР и США, а потом и в других странах будут совершаться все чаще. По мере возрастания частоты полетов вероятность аварийных ситуаций, когда только другой космический корабль может выручить экипаж, терпящий бедствие, увеличивается. Подобные случаи нельзя исключить полностью, несмотря на всевозрастающее совершенство космической техники.

Как известно, на морях и океанах любой корабль, независимо от его государственной принадлежности, приняв радиосигнал бедствия SOS, должен спешить на помощь судну, терпящему бедствие. Однако установление аналогичного порядка в космосе выливается в сложную проблему. Дело в том, что взаимопомощь здесь практически исключена, если космические корабли не оборудованы так называемыми «совместимыми» средствами, обеспечивающими поиск аварийного корабля, сближение и стыковку с ним, возможность перехода космонавтов из одного корабля в другой.

Подписанию указанного межправительственного соглашения предшествовала серия встреч руководителей Академии наук СССР и НАСА США, а также групп советских и американских ученых и инженеров, которые выявили общую заинтересованность в создании технических основ для повышения безопасности полета человека в космическом пространстве, а также для про-

ведения совместных научных экспериментов. Первая встреча советских и американских специалистов состоялась в октябре 1970 г. в Москве в Академии наук СССР. Советскую делегацию возглавлял председатель Совета «Интеркосмос» при Академии наук академик Б. Н. Петров, американскую — директор Центра пилотируемых полетов им. Джонсона доктор Р. Гилрут. На этой встрече произошел первый широкий обмен мнениями и информацией по проблемам совместимости средств сближения и стыковки космических кораблей и станций и было решено образовать смешанные рабочие группы из специалистов СССР и США для согласования технических требований по обеспечению совместимости этих средств. По существу, эта встреча положила начало сотрудничеству между советскими и американскими специалистами в области пилотируемых полетов.

На последующих встречах в 1971 г. которые проходили поочередно в Москве и Хьюстоне, эти технические требования были тщательно рассмотрены и согласованы. В апреле 1972 г. в Москве советская делегация во главе с исполняющим обязанности президента Академии наук СССР академиком В. А. Котельниковым (президент Академии академик М. В. Келдыш в это время был болен) и американская делегация, возглавляемая исполняющим обязанности директора НАСА США доктором Дж. Лоу, обсудили и согласовали «Итоговый документ», в котором говорилось о технической осуществимости и желательности экспериментального полета с использованием существующих космических кораблей: советского корабля «Союз» и американского корабля «Аполлон». В этом же документе были сформулированы задачи совместного полета и основные принципы и процедуры, которые должны быть положены в основу проведения совместных работ советских и американских специалистов, и выработаны положения по ряду других вопросов. Межправительственное соглашение между СССР и США о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях утвердило основные положения, содержащиеся в этом «Итоговом документе», обязало обе стороны осуществить создание совместимых средств сближения и стыковки советских и американских космических кораблей и станций и для испытания таких средств провести в 1975 г. первый совместный экспериментальный полет

советского корабля «Союз» и американского корабля «Аполлон» со стыковкой и взаимным переходом экипажей.

Так родилась программа ЭПАС. По своей сложности и масштабам она является наиболее крупной космической программой, когда-либо осуществлявшейся на основе двустороннего соглашения. Работы по проекту ЭПАС как техническому директору с советской стороны было поручено возглавить автору данной брошюры, с американской — доктору Г. Ланни.

Технические аспекты совместимости космических систем

Совместимость различных технических средств не является чем-то принципиально новым, однако в области космонавтики ее осуществление наиболее сложно. Это определяется прежде всего тем, что современный космический корабль со всем комплексом средств, необходимых для его полета, включая ракету-носитель, наземные средства подготовки к пуску, сеть наземных пунктов управления полетом, представляет собой «большую систему», т. е. совокупность большого числа взаимодействующих подсистем и элементов. Поэтому, когда идет речь о совместимости космических кораблей для совместного полета, то это означает совместимость по крайней мере двух «больших систем».

Говоря о возможных методах обеспечения совместимости космических кораблей, следует выделить два важнейших:

1) регламентация (или взаимное согласование) отдельных параметров и конструктивных характеристик кораблей, их бортовых систем, а также необходимых для полета комплекса средств;

2) использование стандартного оборудования на кораблях различных типов.

Основным методом следует считать первый, поскольку он в минимальной степени ограничивает выбор характеристик кораблей и их систем, непосредственно не связанных с условиями совместимости. При этом общие технические требования на совместимые системы должны устанавливаться только для главных их параметров. Это позволяет каждой из стран иметь свободу в вы-

боре конкретного конструктивного и технологического решений в соответствии с имеющимися у нее опытом и традициями в космических исследованиях, соблюдая при этом основные принципы совместимости. Наряду с этим не исключается целесообразность принятия некоторых видов стандартного оборудования для определенных классов кораблей (например, бортовых огней, стыковочных мишеней и т. д.).

Совместимость можно реализовать на различных уровнях — от межбортовой связи и обмена информацией при совместном полете до стыковки космических аппаратов с последующим их функционированием как единого целого.

Очевидно, что в зависимости от того, проводится ли в космосе операция спасения или космические объекты двух или нескольких стран участвуют в совместных экспериментах, потребуется взаимодействие различных систем, но тем не менее целый ряд систем участвует как в том, так и в другом случае.

Что можно принять как за некоторый минимальный целесообразный уровень совместимости, т. е. минимально необходимый состав функций для эффективного взаимодействия космических кораблей разных типов? По-видимому, к таким функциям следует отнести сближение и стыковку кораблей на орбите, непосредственный переход экипажа из одного корабля в другой, выполнение определенного круга динамических операций в состыкованном состоянии, координированное управление кораблями, связь между экипажами и наземными пунктами, взаимодействие некоторых видов бортового оборудования после стыковки.

Обеспечение совместимости в таком объеме позволит осуществлять как программы совместных космических полетов с взаимодействием кораблей, так и оказывать помощь в космосе при аварийной ситуации. Следует отметить, что обеспечение совместимости в последнем случае, т. е. в случае аварийной ситуации на одном из кораблей, являет собой очень сложную задачу, так как в этом случае совместимость должна проявляться в условиях нарушения нормальной работы тех или иных бортовых систем корабля, находящегося в аварийном положении (например, на корабле, терпящем бедствие, могут отказать радиосистемы, обеспечивающие сближение, или система ориентации, что суще-

ственно усложнит задачу взаимодействия кораблей при сближении).

Следующий уровень совместимости — возможность взаимодействия после стыковки кораблей их основных бортовых систем: энергопитания, управления бортовой аппаратурой, терморегулирования, информационных и т. д. Этот уровень совместимости позволит в будущем решать задачи, связанные с осуществлением совместных больших научных программ в космосе, с использованием космической техники различных стран.

Что же понимается под принципом совместимости систем и оборудования сближения и стыковки для осуществления совместного полета со взаимным переходом экипажей?

Для того чтобы каждый корабль в случае надобности мог сблизиться и состыковаться с другим кораблем или орбитальной станцией и чтобы был возможен взаимный переход экипажей для оказания взаимопомощи или выполнения совместных научных программ, должны быть выполнены следующие условия совместимости:

- 1) совместимость средств взаимного поиска и сближения кораблей;
- 2) совместимость стыковочных устройств;
- 3) совместимость систем жизнеобеспечения и оборудования для перехода;
- 4) совместимость средств связи и управления полетом;
- 5) организационная и методологическая совместимость.

Первые встречи советских и американских специалистов были посвящены рассмотрению всех этих условий совместимости, и выводы, к которым пришли, оказались печальными: ни одно из пяти условий совместимости не выполнялось применительно к кораблям «Союз» и «Аполлон».

И это не удивительно, так как корабли разрабатывались в разных странах, разработка велась разобщенно, между коллективами разработчиков, естественно, не было никаких взаимных контактов, а в конструкцию кораблей, оборудования, в построение систем были заложены во многом разные принципы. Ни одна сторона при разработке кораблей «Союз» и «Аполлон» не имела в виду осуществление стыковки этих кораблей между собой, хотя на каждом корабле был предусмотрен

необходимый комплекс средств для сближения и стыковки: на «Союзе» — для стыковки с пассивным кораблем «Союз» или с орбитальной станцией «Салют», а на командном отсеке «Аполлона» — с так называемым лунным отсеком.

Рассмотрим подробно все пять условий совместимости, как этим условиям удовлетворяли, а правильнее сказать, не удовлетворяли корабли «Союз» и «Аполлон», и, наконец, как были решены проблемы совместимости.

Для того чтобы решить все проблемы совместимости, связанные с полетом кораблей «Союз» и «Аполлон», с самого начала совместной работы были созданы, как уже указывалось, пять рабочих групп. Эти рабочие группы, состоящие из советских и американских специалистов, в течение трех лет проделали огромную работу. Благодаря настойчивости, изобретательности, взаимному стремлению искать компромиссные выводы из противоречивых ситуаций удалось прийти к единым решениям через множество трудностей, порой принципиального характера.

Совместимость средств поиска и сближения. Для сближения кораблей на орбите применяются различные методы, требующие измерения тех или иных параметров относительного движения, например расстояния между кораблями, относительной скорости сближения и т. д. Эти измерения можно осуществлять как радиотехническими, так и оптическими средствами, причем сам процесс поиска и сближения может осуществляться как с участием экипажа корабля, так и без участия экипажа — с использованием автоматических систем.

Совместимость средств поиска и сближения требует взаимодействия систем измерения параметров движения и управления сближением, средств взаимного маневра и причаливания. Необходимо также, чтобы были совместными характеристики, определяющие динамические процессы во время причаливания и стыковки: предельные значения углов рассогласования (отклонений взаимного положения кораблей в момент касания), линейных и угловых скоростей в момент причаливания, динамические характеристики систем управления.

Для того чтобы были совместимы радиосистемы управления, обеспечивающие поиск и сближение кораб-

лей, они должны быть построены на одинаковых принципах, т. е. должны использоваться единые методы измерения параметров относительного движения, один и тот же вид радиочастотной модуляции, согласованные частоты и другие параметры радиосигналов, согласованные мощности радиопередатчиков и диаграммы направленности антенн.

Для оптических систем условие совместимости требует унификации стыковочных мишеней на кораблях (т. е. устройств, обеспечивающих «прицеливание» при стыковке с помощью оптического визира), согласование соответствующих оптических измерительных систем и оптических коэффициентов поверхности кораблей. Для визуального обнаружения кораблей, получения информации о их положении в пространстве для взаимной ориентации корабля должны быть оборудованы унифицированными бортовыми внешними огнями.

Кроме сказанного, для обеспечения совместимости кораблей при сближении и стыковке должен быть согласован ряд ограничений на расположение внешних элементов конструкции и оборудования кораблей. Это необходимо, во-первых, для того, чтобы избежать соударения выступающих элементов конструкции при колебании кораблей во время стыковки, во-вторых, чтобы обеспечить такую форму кораблей, которая исключала бы возникновение интенсивных помех при использовании радиосистем для наведения, а также существенных искажений диаграммы направленности бортовых антенн на участке сближения.

Говоря о совместимости систем сближения, следует сказать об особом случае, — когда требуется оказание помощи космическому кораблю, у которого в полете вышли из строя радиосистемы. В этом случае задача существенно усложняется: корабль-спасатель должен быть способен осуществлять поиск и сближение, используя пассивную радиолокацию и оптические системы.

Как же обстояло дело с совместимостью систем поиска и сближения кораблей «Союз» и «Аполлон»?

Системы, хотя и были построены на некоторых общих принципах, в своем конкретном исполнении оказались совершенно несовместимыми. Хотя и в том, и в другом корабле при сближении использовались радиосистемы, однако радиочастоты, методы получения информации и измеряемые параметры были разные.

На корабле «Союз» с помощью радиосистемы измеряются дальность между кораблями, радиальная и угловая скорости линии центров — линии, соединяющей центры масс двух кораблей. Кроме того, эта радиотехническая система «Союза» позволяет вести взаимное радиобнаружение кораблей и вырабатывает сигналы для углового управления ими.

На корабле «Аполлон» с помощью радиотехнической системы измеряется только дальность между кораблями, а остальные параметры, необходимые для определения взаимного положения кораблей, определяются с помощью оптической системы.

Все операции сближения и стыковки на «Аполлоне» выполнялись только с участием человека, а на корабле «Союз» предусматривается возможность осуществлять эти операции как с участием экипажа, так и чисто автоматически. (В 1967 г., как известно, в СССР была осуществлена автоматическая стыковка искусственных спутников — «Космос-186» и «Космос-188».) Советские специалисты считают, что это расширяет возможность использования выбранного на «Союзе» метода стыковки для осуществления комплексных космических программ, так как, например, стыковку с орбитальной станцией грузовых космических кораблей, имеющих на своем борту топливо, запасные части, новое научное оборудование, рациональнее осуществлять автоматически (наличие экипажа на таком корабле не обязательно). В то же время, как известно, наши корабли «Союз» способны успешно осуществлять стыковку с орбитальными станциями «Салют» и с участием космонавтов.

Существует также разница и в методе сближения, который используем мы и американцы. Например, у нас пассивный корабль во время сближения обеспечивает нужной информацией активный корабль, автоматически находит своего партнера и в процессе сближения постоянно следит за ним, поворачиваясь стыковочным агрегатом к агрегату партнера. При американском методе сближения пассивный аппарат лишь стабилизирует свое угловое положение в пространстве, не «ищет» активный корабль, т. е. не ориентируется на него своим стыковочным агрегатом. Сближение по этому методу — это длительный процесс маневрирования активного корабля.

Как уже было сказано, американская система сбли-

жения предусматривает использование оптических средств для измерения положения пассивного корабля с расстояния до 500 км. Однако корабль «Союз», оптические характеристики его поверхности совершенно не соответствовали тому, к чему было приспособлено оптическое оборудование «Аполлона».

Были и другие «несовместимости» методики и принципа поиска и сближения кораблей «Союз» и «Аполлон».

Над проблемой совместимости систем поиска и сближения кораблей «Союз» и «Аполлон» много и упорно работала рабочая группа под руководством В. П. Легостаева (с советской стороны) и Д. Читема и Н. Смита (с американской стороны). Не сразу были найдены решения, которые были бы приемлемы для обеих сторон и надежно решали бы проблему совместимости.

Самым очевидным решением, которое могло снять все «несовместимости» систем сближения кораблей и напрашивалось само собой, была разработка совместными усилиями общей универсальной системы, отвечающей всем требованиям совместимости. В этом направлении была проведена определенная работа: выработаны общие принципы построения такой универсальной системы, ее основные характеристики. Но когда попытались во времени построить весь процесс создания новой системы, стало ясно, что сроки ее создания уходят далеко за 1975 г. (только разработка алгоритмов и математическая обработка метода сближения заняла бы более трех лет). Единственно реальным путем оставалось попытаться взаимно приспособить существующие системы кораблей «Союз» и «Аполлон».

Именно в этом направлении продолжалась вся дальнейшая работа этой рабочей группы, прорабатывались многие варианты. Взвесив все, пришли к согласованному решению использовать систему сближения «Аполлона», имея в виду, что он выступает в роли активного корабля¹. (При решении вопроса, какой корабль должен быть активным, решающим явилось наличие на корабле «Аполлон» больших запасов топлива, что было

¹ Активным кораблем считается тот корабль, который при сближении с другим осуществляет «маневрирование», т. е. меняет свое положение в космическом пространстве относительно исходной траектории движения. Пассивный корабль, двигаясь по орбите, сохраняет заданную ориентацию в космическом пространстве.

естественно, так как этот корабль был рассчитан для полета к Луне.)

Для использования при сближении радиосистемы «Аполлона» потребовалось установить на корабле «Союз» ее пассивную часть — приемопередатчик. Кроме того, на «Союзе» потребовалось выполнить специальные требования к светотехническим характеристикам корабля и его видимости, продиктованные условиями нормальной работы оптической системы «Аполлон».

Несоответствие оптического оборудования «Аполлона» размерам и характеристикам поверхности «Союза» доставило немало хлопот. В конце концов, была выбрана наиболее выгодная ориентация «Союза» при сближении с «Аполлоном», подобран цвет его поверхности, что облегчало экипажу «Аполлона» посредством оптических приборов обнаружить «Союз» с расстояния нескольких сот километров.

При выборе окраски корабля «Союз» столкнулись с противоречием: матово-белая поверхность наиболее удовлетворяет требованию обнаружения в космосе, но отраженные характеристики такой поверхности, которая отличается от традиционно применяемой на «Союзе», нарушают температурные режимы «Союза». В конце концов нашли компромиссное решение: часть поверхности корабля сделать белой, часть — зеленой. Для проверки правильности такого решения был изготовлен оптический макет, и проведены на нем исследования как у нас, так и в США.

Но все эти решения были хороши для случая, когда «Союз» освещен Солнцем, однако в процессе сближения корабли могут оказаться и в тени Земли. Для этого случая корабль «Союз» решено было оборудовать специальными проблесковыми световыми маяками белого цвета. Даже невооруженным глазом видимость этих огней достигала расстояний 50 км.

Для удобства ориентации на близком расстоянии на кораблях установили так называемые «огни ориентации»: левый — красный, правый — зеленый, два задних — белые. Для осуществления причаливания, которое американский экипаж может выполнять только вручную, на «Союзе» была установлена специальная оптическая мишень.

Процесс причаливания — строгий и ответственный участок всего этапа поиска, сближения и стыковки ко-

раблей. При этом должны выполняться жесткие ограничения параметров движения: из-за условий прочности конструкции нельзя сближаться со скоростью больше 0,3 м/с, в то же время скорость сближения меньше 0,05 м/с недопустима, так как при выбранной конструкции стыковочного агрегата может не хватить энергии соударения для надежной сцепки и выравнивания кораблей.

Допустимое боковое смещение при причаливании не должно превышать 300 мм. Насколько это строгое требование, видно уже из того, что поворот кораблей на 1° вокруг каждой оси от требуемого положения создает относительное отклонение стыковочных агрегатов около 200 мм.

Кроме основной оптической мишени, на «Союзе» установили дополнительную упрощенную мишень.

Было подвергнуто тщательному рассмотрению влияние горячих струй работающих при сближении двигателей корабля «Аполлон» на конструкцию корабля «Союз». Оказалось, что при расстоянии между кораблями менее 5—10 м имеется реальная опасность, что струи работающих двигателей могут повредить обшивку орбитального отсека «Союза».

Однако работа управляющих двигателей при полете системы из состыкованных кораблей создавала и другую опасность. Конструкция такой системы достаточно эластична, и воздействие на нее тяги эпизодически включающихся реактивных двигателей управления вызывало бы колебания упругой системы. С учетом жидкостей, находящихся в топливных баках, эти колебания могли достигать режимов, опасных для конструкции. Поэтому пришлось ввести строгий регламент в режимы работы реактивных двигателей кораблей, при котором не создавались опасные ситуации для конструкции. Насколько чутка была упругая система, состоящая из двух состыкованных кораблей, видно из того, что даже некоторые периодически повторяющиеся движения космонавтов в корабле, например при физзарядке, могли вызвать недопустимые колебания системы. Поэтому характер движения космонавтов в корабле, их перемещения были также регламентированы.

Здесь приведен далеко не полный перечень вопросов, связанных с проблемой совместимости систем поиска и сближения. Для решения всех вопросов потре-

бывалось много настойчивости, взаимной доброй воли и много труда.

Совместимость стыковочных агрегатов. Назначение стыковочных агрегатов состоит в том, чтобы обеспечить соединение кораблей после того, как система сближения закончила причаливание кораблей, т. е. произошло соприкосновение конструкций стыковочных агрегатов. Работа стыковочных агрегатов очень сложна и ответственна. Специальные устройства должны устранить все рассогласования во взаимном положении кораблей: смещение продольных осей, рассогласование по углам тангажа, рыскания, крена. Стыковочный агрегат при этом обеспечивает поглощение (демпфирование) энергии соударения кораблей, первичную сцепку, выравнивание и стягивание кораблей, жесткое соединение конструкций и создание герметичного стыка. В соответствии с командами, выдаваемыми бортовой системой управления после завершения полета в состыкованном состоянии стыковочный агрегат осуществляет расстыковку и разделение кораблей. Для перехода экипажей из корабля в корабль в стыковочном агрегате после стыковки и открытия крышки-люка образуется тоннель.

Все устройства, с помощью которых до этого осуществлялась стыковка космических кораблей «Союз» между собой и с орбитальными станциями «Салют», были выполнены по так называемой схеме «штырь—конус». Такой же принцип заложен и в стыковочном агрегате корабля «Аполлон».

В системе «штырь—конус» на одном из кораблей установлен активный стыковочный агрегат с выдвигной штангой («штырь»), которая оканчивается головкой с защелками. На другом корабле устанавливается пассивный стыковочный агрегат с приемным «конусом», который заканчивается приемным гнездом с замками. Стыковка кораблей начинается с того, что штанга входит в приемный конус и касается его стенки (касание). По инерции или под действием двигателей малой тяги активный корабль продолжает сближаться с пассивным. Головка штанги, скользя по поверхности конуса, попадает в приемное устройство и фиксируется там защелками (сцепка). Затем электропривод начинает втягивать штангу, и вместе с этим происходит стягивание кораблей до соприкосновения стыковочных шпанго-

утов, и наконец, с помощью специальных замков, расположенных по периферии плоскости стыка образуется жесткое и герметичное сцепление.

Так работают при стыковке стыковочные агрегаты, устроенные по схеме «штырь—конус».

Хотя стыковочные агрегаты кораблей «Союз» и «Аполлон» имеют одинаковую принципиальную схему «штырь—конус», конструктивно они выполнены по-разному (разные размеры, конструкция замков, механизмов стягивания и т. д.). В целом все существующие конструкции нашего и американского агрегатов различались настолько, что взаимная стыковка кораблей полностью исключалась. Кроме того, стыковочные агрегаты «штырь—конус» (как наши, так и американские) в принципе обладают двумя основными техническими недостатками: во-первых, из пары агрегатов один может быть только активным, другой — только пассивным; во-вторых, центральная часть агрегата занята стыковочным механизмом и «конусом», и после открытия крышки люка часть сечения переходного тоннеля ими остается занята.

При совместном рассмотрении конструкции стыковочных агрегатов советские и американские специалисты пришли к выводу, что для обеспечения совместности не может быть принят за основу ни стыковочный агрегат «Союза», ни стыковочный агрегат «Аполлона». Поэтому была поставлена задача совместно разработать новый стыковочный агрегат, и в основу разработки такого стыковочного агрегата были положены следующие основные требования:

а) совместимые стыковочные агрегаты должны быть андрогинными, т. е. должны обеспечивать возможность стыковки любого корабля с любым, независимо от того, активный он или пассивный. При этом каждый из них должен иметь возможность выполнять функции активного корабля (что особенно важно, например, при проведении спасательных операций);

б) стыковочные агрегаты должны быть периферийными, т. е. все направляющие и силовые элементы каждого стыковочного агрегата должны быть расположены по периферии центрального люка, чтобы обеспечить свободное сообщение между жилыми отсеками кораблей после их стыковки,

Для выполнения указанных требований оказалось необходимым разработать устройство принципиально нового типа — андрогинно-периферийный агрегат стыковки.

Выполнение условия андрогинности для стыковочного агрегата означает прежде всего андрогинность поверхности, образуемой стыковочными шпангоутами со всеми их выступающими механизмами. Это значит, что их конфигурация должна быть такова, чтобы два любых стыковочных шпангоута могли совмещаться как бы сами с собой.

При обсуждении вариантов андрогинности стыковочного устройства советская сторона предложила принять за основу общий принцип, успешно использованный при создании стыковочного устройства корабля «Союз» и станции «Салют», и названный нами «принципом обратной симметрии». Суть его в том, что если смотреть на стыковочный агрегат со стороны плоскости стыка, то все соединяемые при стыковке ответные элементы размещаются попарно, симметрично относительно продольной оси агрегата: штырь—гнездо, вилка—розетка, выступ—впадина. Американская сторона согласилась с этим принципом, и мы им руководствовались в дальнейшем при разработке конструкции андрогинного стыковочного агрегата для проекта ЭПАС.

Следует отметить, что прототипы некоторых из конструктивных элементов андрогинности были заложены в конструкциях стыковочных агрегатов корабля «Союз» и станции «Салют» (например, одинаковые стыковочные шпангоуты с замками на корабле и станции). Однако полная реализация идеи андрогинности потребовала новых разработок, которые были осуществлены совместно советскими и американскими специалистами.

Это не означает, что был разработан единый стыковочный агрегат. Каждая сторона сама выпускала чертежи и изготовляла стыковочный агрегат для своего корабля. Но были строго регламентированы: принципиальная схема стыковочных агрегатов, геометрические размеры сопрягаемых элементов, действующие на них нагрузки, унифицированные конструкции силовых замков, герметизирующих устройств. Вместе с тем конструкция тех элементов, для которых при выполнении совместимости агрегатов не требовалась такая регламентация, была выполнена различно у советских и аме-

риканских стыковочных агрегатов. (Например, в конструкции американского агрегата были применены гидравлические демпферы, а в советском агрегате — электромеханические. Различны были также кинематические схемы механизмов стягивания кольца с направляющими и ряд других элементов.)

В соответствии с выработанными общими принципами были первоначально разработаны два проекта стыковочных агрегатов — советский и американский. После всестороннего обсуждения и анализа советский проект схемы агрегата был принят за основу для дальнейшей разработки. После этого стороны начали интенсивную разработку андрогинно-периферийных стыковочных агрегатов, строго соблюдая согласованные требования совместимости.

Основным ядром, «сердцем» коллектива исполнителей, занятых выполнением этой большой и сложной работы, была рабочая группа, которую с советской стороны возглавлял В. С. Сыромятников, с американской стороны — Б. Уайт. В сравнительно короткий срок, менее чем за 2 года, благодаря самоотверженной работе инженеров и рабочих, были разработаны и изготовлены первые образцы стыковочных агрегатов, и осенью 1973 г. начались совместные испытания стыковочных агрегатов на специальном динамическом стенде в Хьюстонском центре пилотируемых полетов. На этом стенде было выполнено в общей сложности более ста экспериментальных стыковок. Заключительные совместные испытания летных образцов агрегатов (т. е. образцов, предназначенных для установки на корабли) проходили в Москве в специальной лаборатории Института космических исследований Академии наук СССР.

Для того чтобы охарактеризовать объем совместных работ советских и американских специалистов по созданию стыковочных агрегатов, достаточно назвать следующие цифры: в общей сложности 375 дней советские и американские специалисты работали вместе, при этом 10 раз встречались в СССР и 10 раз в США. Эта большая ответственная работа увенчалась полным успехом при полете космических кораблей «Союз» и «Аполлон» в июле 1975 г.

Совместимость радиотехнических средств связи и управления полетом. Совместимость средств связи и

управления полетом кораблей охватывает следующие области:

- а) межбортовая связь кораблей в полете;
- б) взаимодействие одного из кораблей с наземным командно-измерительным комплексом, управляющим полетом другого корабля;
- в) взаимодействие наземных командно-измерительных комплексов, управляющих полетом кораблей в объеме, который требуется для координированного выполнения операций по управлению.

Для решения первых двух задач необходимо, чтобы радиосистемы, которыми оборудованы корабли и наземные пункты, имели согласованные основные характеристики, прежде всего радиочастоты, на которых работает аппаратура, а также вид радиочастотной модуляции (амплитудная, частотная), чувствительность приемного и мощность передающего устройств, побочные излучения передатчика и т. д.²

Для взаимодействия командно-измерительных комплексов и центров управления необходимо также согласовать формы обмена информацией, в том числе по траекторным измерениям, и организацию между центрами управления различных видов связи (телефонной, телеграфной и т. д.) для обмена информацией.

Совместимостью средств связи занималась рабочая группа, руководителем которой с советской стороны был Б. В. Никитин, с американской стороны — Р. Дитц. Уже в начале работы стало очевидно, что средства связи ни в каком плане совместимостью не обладают. Радиоаппаратура кораблей работала на разных, не согласованных частотах, что исключало всякую возможность связи между экипажами кораблей, а также с центром управления другой страны. Между центрами управления также не было никаких средств связи, которые смогли бы обеспечить обмен необходимым объемом информации.

Нельзя сказать, что здесь возникли особо сложные проблемы. Требовалось найти лишь оптимальные инже-

² В будущем представляется целесообразным также стандартизация средств связи и пеленгации, которыми должны быть снабжены спускаемые аппараты космических кораблей всех стран, что позволит оказать помощь любому экипажу (независимо от его национальной принадлежности) в случае аварийной посадки в непредусмотренном районе.

нерные согласованные решения, которые бы были приемлемы для обеих сторон, вызывали бы наименьшие доработки оборудования кораблей и центров управления и позволяли бы обойтись минимальными затратами.

В 1972 г. были совместно определены принципы построения совместимых средств связи и технические требования к ним. Чтобы наземные пункты обеих сторон могли прослушивать межбортовые переговоры и, если надо, вступать в связь с экипажами в зоне радиовидимости наземных пунктов как Советского Союза, так и США, было согласовано, что радиотелевизионная связь между экипажами будет осуществляться в ультракоротковолновом диапазоне по двум радиoliniям — на советской и на американской частотах. Это потребовало создания совместимой системы радиотелефонной связи, работающей на двух частотах и установки на кораблях новой дополнительной радиоаппаратуры. Чтобы после стыковки кораблей экипажи имели межбортовую переговорную связь, а также могли вести радио- и телерепортажи с борта другого корабля, было решено предусмотреть проводную связь между кораблями и установить для этого необходимое оборудование.

Все оборудование совместимых систем связи подвергалось тщательным комплексным испытаниям как в наших лабораториях, так и в американских по совместно разработанной «Методике испытаний на совместимость».

Работа по испытаниям шла дружно, с энтузиазмом с обеих сторон. Наши инженеры, участвующие в совместных испытаниях, завоевали заслуженное уважение своей эрудицией и работоспособностью. Совместная работа была хорошей школой для обеих сторон. Было чему поучиться друг у друга.

В итоге совместных испытаний все оборудование связи было признано годным для дальнейших испытаний на кораблях.

Заключительные испытания совместимых средств связи были проведены на летных кораблях на космодромах: соответственно на корабле «Союз» на космодроме Байконур в мае 1975 г. и на корабле «Аполлон» на космодроме Центра им. Дж. Кеннеди в январе—феврале 1975 г. Совместные испытания на космодромах под-

твердили соответствие параметров систем связи ранее согласованным нормам.

Совместимость систем жизнеобеспечения и средств перехода. Совместимость систем жизнеобеспечения и средств перехода является обязательным условием для возможности осуществления перехода экипажей из одного корабля в другой. Основные принципы такой совместимости следующие.

Прежде всего, это идентичность параметров атмосферы в обитаемых отсеках кораблей (по давлению и составу). Кроме этого, существенным является выбор варианта перехода. Очевидно, что более предпочтительным является вариант перехода через внутренний люк-лаз с поддержанием давления и состава атмосферы на всем пути перехода. Но должна быть предусмотрена и возможность аварийного перехода — внебортового, в скафандрах (через шлюзовую камеру или внутренний люк-лаз с разгерметизацией переходного отсека). При этом должна быть обеспечена также:

а) регламентация средств, используемых при переходе (характеристик шлюзовой камеры; блоков для подключения скафандров; поручней и фиксаторов — устройств для фиксации космонавтов и предметов; для внешнего перехода — органов управления агрегатами, средств индикации и связи), а также параметров переносимого оборудования (по весу, габаритам, температурному режиму, стыковке с бортовыми системами и т. д.);

б) регламентация условий и порядка выполнения основных операций при переходе (способы проверки герметичности, открытия люков, контроля информации экипажа и наземных пунктов о выполнении отдельных операций, связь и телевизионное наблюдение за переходом, условия освещенности и т. д.);

в) регламентация характеристик системы жизнеобеспечения принимающего корабля для перешедших космонавтов (нормы потребления кислорода, воды, пищи, контроль выделения углекислого газа, сброса отходов).

Когда были рассмотрены системы жизнеобеспечения и средства перехода кораблей «Союз» и «Аполлон», то стало ясно, что они совершенно несовместимы и прежде всего из принципиального различия атмосферы жилых отсеков. В корабле «Союз» традиционно используемая

атмосфера практически аналогична земной: давление 750—860 мм рт. ст., содержание кислорода 19—32%, азота 66—78%. В корабле «Аполлон» используется атмосфера из чистого кислорода при давлении 260 мм рт. ст. (столь низкое давление допустимо только при чисто кислородной среде).

При таком большом отличии атмосферы в кораблях «Союз» и «Аполлон» не могло быть и речи об объединении жилых отсеков кораблей после стыковки и переходе членов экипажей из одного корабля в другой. Непосредственный переход космонавтов из азотно-кислородной атмосферы «Союза» в чисто кислородную атмосферу «Аполлона» недопустим, потому что у космонавтов наступают так называемые декомпрессионные расстройства. Дело в том, что, когда человек находится в обычной азотно-кислородной атмосфере, азот, составляющий большую часть атмосферы, насыщает кровь и ткани человека. Если космонавт из «Союза» быстро перейдет в кислородную атмосферу «Аполлона» с низким давлением, то начнется интенсивное выделение в крови и тканях азота в виде пузырьков, которые закупорят мелкие сосуды и сожмут нервные окончания. Это вызовет декомпрессионные расстройства, которые могут иметь тяжелые болезненные последствия, вплоть до частичного паралича.

Для предотвращения декомпрессионных расстройств были разработаны специальные режимы постепенного перехода человека из одной атмосферы в другую, при которых происходит постепенное «вымывание» азота, растворенного в крови и тканях. Этот процесс называется десатурацией и заключается в том, что в течение нескольких часов человек должен дышать чистым кислородом при постепенном понижении давления.

Непосредственный переход из одного корабля в другой невозможен также и потому, что системы кондиционирования атмосферы кораблей построены на разных принципах. В «Союзе» происходит непрерывная регенерация атмосферы: специальные устройства поглощают углекислый газ и выделяют чистый кислород за счет разложения надперекисных соединений щелочных металлов. Интенсивность этого процесса регулируется автоматическими устройствами, контролирующими состав атмосферы. В «Аполлоне» же поглощение углекислого газа осуществляется невозстанавливаемыми погло-

тителями, а необходимое содержание кислорода поддерживается за счет бортового запаса, находящегося в баллонах. Сообщение между собой атмосфер кораблей при столь разных системах кондиционирования привело бы к расстройству автоматики регулирования этих систем.

Задача обеспечения совместимости систем жизнеобеспечения и средств перехода кораблей «Союза» и «Аполлона» легла на плечи рабочей группы, работавшей под руководством И. В. Лаврова и Ю. С. Долгополова с советской стороны и Р. Смайли и У. Гая — с американской. Задача, которая выпала на долю этой группы, была, пожалуй, одной из труднейших, ведь требовалось найти совместимость систем, которые, казалось, были в корне несовместимы. И хотя были рассмотрены различные решения, предлагаемые и с нашей стороны, и с американской, но к единому решению пришли не сразу, и потребовалось много терпения и взаимного стремления к компромиссу, чтобы было найдено окончательное решение.

Первое, в чем наши и американские специалисты оказались единодушны, это то, что в будущих космических кораблях и орбитальных станциях целесообразно иметь одинаковую азотно-кислородную среду. Но это для будущих кораблей. А как быть с существующими кораблями «Союз» и «Аполлон», которым суждено состыковаться и летать вместе? Для корабля «Аполлон» переход на атмосферу «Союза» означал бы существенную переработку всей его конструкции (существующая конструкция не выдержала бы повышенного давления). Для корабля «Союз» атмосфера «Аполлона» была также совершенно неприемлема, так как все его оборудование не было рассчитано на работу в среде чистого кислорода.

В качестве первого компромиссного решения было принято американское предложение о создании специального так называемого переходного отсека, который являлся составной частью, отсеком, корабля «Аполлон» и был выведен на орбиту вместе с ним. Такой переходный отсек должен был выполнять роль своеобразной шлюзовой камеры.

Для того чтобы переправиться, например из «Союза» в «Аполлон», в переходном отсеке должна быть создана атмосфера, соответствующая атмосфере «Союза».

Для этого в переходном отсеке в баллонах высокого давления имелись запасы кислорода и азота и необходимое оборудование. Космонавт после перехода в отсек и закрытия люка должен был пройти процесс десатурации, о которой шла речь выше; при этом в модуле постепенно понижается давление и происходит «закислораживание» атмосферы. К концу десатурации в переходном отсеке устанавливается чисто кислородная среда при давлении 260 мм рт. ст. После этого космонавт уже может открыть люк и перейти в «Аполлон».

Как видите, такое решение — использование переходного отсека — позволяет экипажам переходить из корабля в корабль, но остается обязательным процесс десатурации, а это, во-первых, затягивает на несколько часов операцию каждого перехода, что может не позволить всем членам экипажа побывать в другом корабле, и, во-вторых, в случае аварийного положения на корабле, требующего немедленного возвращения космонавтов в свой корабль, не позволит этого сделать. Таким образом, использование переходного отсека не решало полностью проблемы.

Потребовались дальнейшие поиски полного выхода из этого положения. Оказалось необходимым снизить давление атмосферы в жилых отсеках «Союза». Дело в том, что безболезненный, не требующий десатурации переход в чисто кислородную атмосферу с давлением 260 мм рт. ст. можно обеспечить из азотно-кислородной атмосферы, если ее давление не более 500—600 мм рт. ст. Это было подтверждено проведенными ранее многочисленными экспериментами советских ученых. Согласились с этим и американские ученые. На основании этого было принято согласованное решение, что мы, сохраняя в «Союзе» азотно-кислородную атмосферу, понизим ее давление до 520 ± 30 мм рт. ст. при парциальном давлении кислорода 180 ± 30 мм рт. ст. Верхнее значение взято близким к максимальному, исключающему необходимость десатурации, нижнее — выбрано из условия обеспечения пожаробезопасности (объемное содержание кислорода не более 40%).

Для нас такое решение было непростым: в корабле «Союз» пришлось переработать некоторые системы, ввести дополнительное оборудование, провести экспериментальную проверку надежности и безопасности работы бортового оборудования при повышенном содержании

кислорода. Но другого, лучшего решения найти не могли.

В процессе дальнейшей совместной работы эта рабочая группа без особого труда нашла согласованные решения и по другим вопросам совместимости систем жизнеобеспечения и средств перехода.

Принятые технические решения, обеспечивающие совместимость систем жизнеобеспечения и средств перехода, были подвергнуты тщательной экспериментальной отработке на Земле. Для этого были изготовлены специальные экземпляры обитаемых отсеков с установленными в них системами жизнеобеспечения, пультами управления, средствами радиосвязи и телевидения. Испытания проводились в специальных термобарокамерах как в Советском Союзе в Центре подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина (с января по апрель 1974 г.), так и в Центре пилотируемых полетов им. Джонсона в США (в январе и августе 1974 г.).

Испытания проводились совместно с участием специалистов обеих сторон. На основании этих испытаний было принято согласованное решение о пригодности систем для установки на летные корабли.

Организационная и методологическая совместимость.

Организационная и методологическая совместимость охватывает широкий круг вопросов, которые касаются создания согласованных организационных и методологических основ для совместного выполнения работ по разработке средств совместимости, взаимодействия комплексов бортовых и наземных средств, обеспечивающих выполнение программы совместного полета.

Особенно сложными эти вопросы оказались при рассмотрении взаимодействия наземных служб управления полетом. Сложность этих вопросов обусловлена тем, что в процессе управления полетом участвует разветвленная сеть измерительных пунктов, находящихся в различных частях земного шара; вычислительные центры; наконец, центры управления полетом, куда стекается вся необходимая информация о ходе полета, о работе бортовых систем, о состоянии космонавтов, о точных координатах кораблей, на основании которых выдаются на борт корабля необходимые указания и рекомендации. Для программы ЭПАС эти задачи существенно усложнились тем, что необходимо было осуществлять управление двумя кораблями, созданными в разных

странах, а главное, из двух центров управления, расположенных на разных континентах и удаленных друг от друга на 12 тыс. км, имеющих свою сеть многочисленных измерительных пунктов. Это требовало четкого координирования действия наземных служб управления СССР и США на всех этапах полета.

С этой целью потребовалось прежде всего выработать согласованные принципы совместного управления полетом, на основе которых была разработана совместная документация, регламентирующая деятельность служб центров управления полетом, устанавливающая порядок обмена информацией, распределение ответственности при штатных и нештатных ситуациях в процессе полета.

Особенно тщательно были проработаны вопросы взаимодействия центров управления для случаев возможных нештатных ситуаций, т. е. случаев отклонения от нормальных режимов в работе систем и конструкций кораблей или в работе экипажей. Ведь в реальном полете при возникновении нештатной ситуации в распоряжении центров управления может оказаться слишком мало времени, чтобы устраивать «совещания» между собой или с экипажами. Надо было заранее четко рассматривать организационную и методологическую стороны вопросов, позволяющие быстро принимать совместные согласованные решения.

В процессе совместной работы по разработке проекта и подготовке полета возникло немало вопросов методологической несовместимости. В самом начале работы выявились различия в понимании и использовании некоторых исходных понятий, определений, терминологии. Это понятно: за несколько предыдущих лет работ по космической технике в каждой из стран сложились свои традиции. Поэтому потребовалось согласовать исходные понятия и определения, и прежде всего договориться о регламентации терминологии, условных обозначениях, форме и порядке ведения документации.

Совместимость баллистических расчетов потребовала согласования многих исходных положений и данных. Кроме системы координат, надо было принять согласованную единую модель верхних слоев атмосферы Земли, модель гравитационного поля Земли, наконец, выработать общий «баллистический язык», т. е. совокупность единых терминов и понятий, используемых бал-

листиками, который позволял бы быстро понимать друг друга.

Необходимость совместимости возникла также в выборе так называемых «стартовых окон», т. е. выборе такого времени суток старта кораблей, которое бы одновременно удовлетворяло всем условиям, обычно принимаемым у нас для корабля «Союз» и в США — для корабля «Аполлон». При первом рассмотрении оказалось, что эти условия вообще несовместимы.

Для корабля «Союз» они сводились к следующему:

а) приземление спускаемого аппарата после выполнения программы должно быть осуществлено не позднее чем за час до захода Солнца в районе приземления (обеспечивается «светлое время» для поиска);

б) не менее чем за 8 мин до включения двигателя торможения при сходе с орбиты корабль должен лететь над освещенной поверхностью Земли (для возможности осуществления надежного контроля ориентации корабля).

Для корабля «Аполлон» аналогичным условием являлось то, что посадка корабля в случае аварии на участке выведения на орбиту должна произойти в Атлантическом океане не менее чем за 3 ч до захода Солнца.

Если эти условия для «Союза» и «Аполлона» выполнить полностью, то 15 июля 1975 г. «Союз» должен был стартовать не ранее 16 ч 39 мин по московскому времени, а «Аполлон» — не позднее 15 ч, т. е. вся программа совместного полета, предусматривающая старт «Союза» первым, не «завязывалась».

Для принятия компромиссного решения по «стартовым окнам» обеим сторонам пришлось пойти на некоторые отступления от своих традиционных условий: мы согласились обеспечить выполнение условий для системы ручной ориентации «Союза» не на основном, а на другом (резервном) витке посадки, американская сторона согласилась уменьшить «светлое время» поиска «Аполлона» в Атлантическом океане в случае аварии на участке выведения. В результате была согласована стартовая «форточка» от 15 ч 20 мин до 15 ч 30 мин по московскому времени.

Вопросами организационной и методологической совместимости в основном занималась рабочая группа, руководимая с советской стороны В. А. Тимченко, с аме-

риканской — П. Фрэнком. Эта же группа занималась вопросами общей проектной увязки, схемой и программой полета, документацией, баллистическим обеспечением, научными экспериментами.

Сложную задачу взаимодействия центров управления совместным полетом, совместимости всех технических средств, методологии управления решали коллективы, возглавляемые руководителями полета: с советской стороны — космонавтом А. С. Елисеевым, с американской — П. Фрэнком.

Особо следует сказать о задачах, связанных с подготовкой экипажей для совместного полета. Здесь также с первых шагов выявились свои проблемы совместимости. Методики подготовки экипажей у нас и в США были разные, тренажерные средства, используемые для тренировки экипажей, в каждой стране имели свою специфику, форма и содержание бортовой документации отличались, экипажи имели свои традиции в организации работы на Земле и в полете. Немаловажным вопросом являлось то, что космонавты и астронавты говорили на разных языках. Если при работе специалистов рабочих групп можно было использовать переводчиков для обсуждения и подготовки технической документации, то, естественно, не могло быть и речи о том, чтобы в составе экипажей были предусмотрены переводчики. Да и вряд ли мог помочь переводчик в случаях, когда требуется быстрый обмен информацией в полете. Поэтому изучение космонавтами и астронавтами языка второй стороны было признано обязательным.

Как известно, экипажи и с этой задачей справились отлично. Благодаря упорному труду космонавты и астронавты успешно подготовились к полету, и здесь хотелось бы отметить большую роль руководителя подготовки советских космонавтов генерал-лейтенанта В. А. Шаталова.

Таким образом, мы рассмотрели условия совместимости космических кораблей «Союз» и «Аполлон» и то, что потребовалось выполнить обеим сторонам, чтобы корабли смогли выполнить совместный полет со стыковкой и взаимным переходом экипажей. В последующих разделах мы рассмотрим устройство кораблей, предназначенных для полета по программе ЭПАС, как проходил экспериментальный полет и краткие его итоги.

Космический корабль «Союз»

Космический корабль «Союз» предназначен для решения широкого круга задач при полете в околоземном космическом пространстве. В основном корабль используется как транспортный в выполнении космических программ вместе с орбитальными станциями.

Основные характеристики

Стартовая масса	6,8 т
Максимальная длина	7,48 м
Максимальный диаметр	2,72 м
Диаметр жилых отсеков	2,2 м
Размах солнечных батарей	8,37 м

Космический корабль «Союз» состоит из трех основных отсеков: а) спускаемого аппарата; б) орбитального отсека; в) приборно-агрегатного отсека.

В верхней части корабля размещается орбитальный отсек, соединенный со спускаемым аппаратом, который, в свою очередь, через лобовой теплозащитный экран соединен с приборно-агрегатным отсеком. На приборно-агрегатном отсеке установлены солнечные батареи. Механическое соединение отсеков осуществляется с помощью пиротехнических узлов.

Спускаемый аппарат корабля (рис. 1) предназначен для размещения экипажа на участке выведения корабля на орбиту, при управлении кораблем в полете по орбите, во время управляемого спуска в атмосфере, парашютирования и приземления. Это герметичный отсек, имеющий форму автомобильной фары. Корпус спускаемого аппарата снаружи покрыт тепловой защитой, а внутри — теплоизоляцией и декоративной обшивкой. В спускаемом аппарате размещены пульт космонавтов, ручки управления кораблем, приборы и оборудование основных и вспомогательных систем, контейнеры для возвращаемой научной аппаратуры и резервный запас для экипажа.

Для обеспечения экспериментального полета «Союз—Аполлон» в состав спускаемого аппарата был дополнительно введен пульт управления совместимыми радиостанциями и внешними огнями. Масса спускаемого аппарата составляет 2,8 т.

Орбитальный отсек корабля предназначен для использования в качестве рабочего отсека при проведении научных экспериментов, обеспечения перехода экипажа из корабля в корабль и отдыха космонавтов.

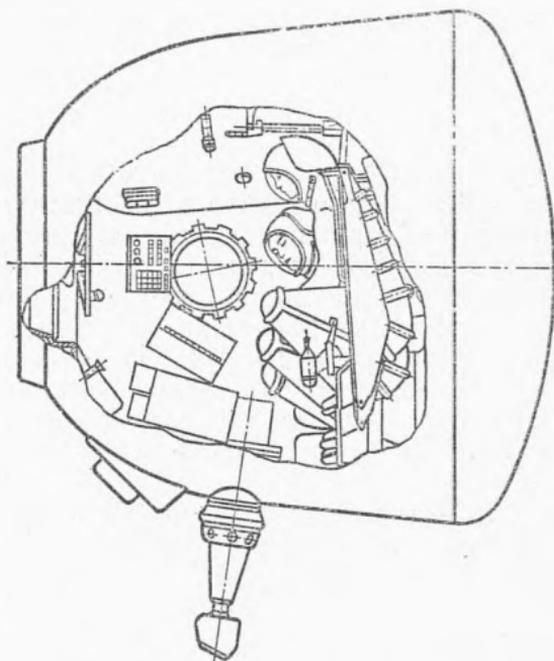


Рис. 1. Компоновка спускаемого аппарата

Конструктивно орбитальный отсек выполнен из двух оболочек-полусфер, соединенных цилиндрической вставкой. На верхнюю оболочку отсека установлен андрогинно-периферийный агрегат стыковки с внутренним люком-лазом диаметром 800 мм. В нижней части отсека имеется люк, соединяющий орбитальный отсек со спускаемым аппаратом, а также боковой люк для посадки экипажа в корабль на стартовой площадке.

В отсеке имеются «сервант» и «диван», в которых расположены пульт управления, приборы и оборудование основных и вспомогательных систем отсека. Научная аппаратура также размещена в орбитальном отсеке.

Для обеспечения экспериментального полета «Союз—Аполлон» в орбитальном отсеке установлены:

приемоответчик радиостанции «Аполлон» УКВ-диапазона и автономный источник электропитания радиостанции;

распределительная коробка для подключения связанного оборудования и телекамер, переносимых при переходе астронавтами корабля «Аполлон» в корабль «Союз»;

дополнительный приемопередатчик радиостанции УКВ-диапазона;

блок автоматики совместимых систем.

Снаружи орбитального отсека в зоне установки телекамеры внешнего обзора находятся антенны совместимых УКВ-радиостанций, антенны радиотелевизионной системы, основная и дополнительная стыковочные мишени. Масса орбитального отсека составляет 1,3 т.

Приборно-агрегатный отсек предназначен для размещения основной аппаратуры, оборудования и систем, обеспечивающих орбитальный полет, и конструктивно состоит из переходной, приборной и агрегатной секций.

В переходной секции, выполненной в виде ферментной конструкции, соединяющей спускаемый аппарат с приборной секцией, установлено 10 двигателей причаливания и ориентации тягой до 10 кг каждый, топливные баки и система подачи однокомпонентного топлива.

В герметичной приборной секции размещаются бортовые приборы. Снаружи приборной секции установлены датчики ориентации на Землю и Солнце. В агрегатной секции размещена сближающе-корректирующая двигательная установка, состоящая из основного и дублирующего двигателей, топливных баков и системы подачи двухкомпонентного топлива. Снаружи агрегатной секции расположен большой радиатор-излучатель системы терморегулирования, двигатели причаливания и ориентации.

В районе базового шпангоута агрегатной секции установлены антенны радиосвязи и телеметрии, ионные датчики системы ориентации и часть батарей системы единого электропитания корабля. Солнечные батареи, установленные на приборно-агрегатном отсеке, выполнены в виде двух «крыльев» с тремя створками у каждого,

Для обеспечения экспериментального полета «Союз—Аполлон» на приборно-агрегатном отсеке установлены элементы совместимых средств сближения: проблесковые световые маяки, бортовые цветные огни ориентации (на концевых створках солнечных батарей). Масса приборно-агрегатного отсека на старте составляет 2,7 т.

На орбитальном, а также на приборно-агрегатном отсеках установлены уголковые отражатели для проведения совместного научного эксперимента по ультрафиолетовому поглощению. Все отсеки корабля «Союз» снаружи закрыты экранно-вакуумной теплоизоляцией.

При выведении на орбиту на участке полета в плотных слоях атмосферы корабль «Союз» закрыт сбрасываемым головным обтекателем, оснащенным двигательной установкой системы аварийного спасения.

Система стыковки состоит из андрогинно-периферийного агрегата стыковки и приборов автоматики, задающих необходимые режимы работы при стыковке.

Андрогинно-периферийный агрегат стыковки предназначен для стыковки и расстыковки кораблей и является одним из основных совместимых средств, обеспечивающих стыковку космических кораблей. Он выполняет следующие функции: поглощение (демпфирование) энергии соударения кораблей; первичную сцепку; выравнивание и стягивание кораблей; жесткое соединение конструкций кораблей и создание герметичного стыка; расстыковку и разделение кораблей (рис. 2).

Советский андрогинно-периферийный стыковочный агрегат состоит из стыковочного шпангоута с комплектом электро- и гидроразъемов, толкателями, датчиками и другими элементами герметизирующих замков и стыковочного механизма. Конструкция стыковочного шпангоута подобна конструкции существующего стыковочного устройства.

Стыковочный механизм нового устройства, заменяющий механизм типа «штырь—конус», является принципиально новым. Этот механизм состоит из кольца с тремя направляющими выступами, установленного на шести подвижных штангах. Штанги могут перемещаться независимо, обеспечивая амортизацию при соударении кораблей и их сцепку, и синхронно — при стягивании кораблей до соприкосновения стыковочных шпангоутов. Кольцо активного корабля выдвигается перед

стыковкой в переднее положение. Кольцо пассивного корабля устанавливается в заднее втянутое положение. Сцепка осуществляется при соприкосновении колец обоих кораблей с помощью трех защелок, расположенных на кольце активного корабля, соединяющихся с тремя захватами на шпангоуте пассивного корабля. Движение штанг осуществляется с помощью одного электропривода, а независимость их движения при амортизации достигается за счет системы кинематической связи через дифференциалы (подобные автомобильным дифференциалам).

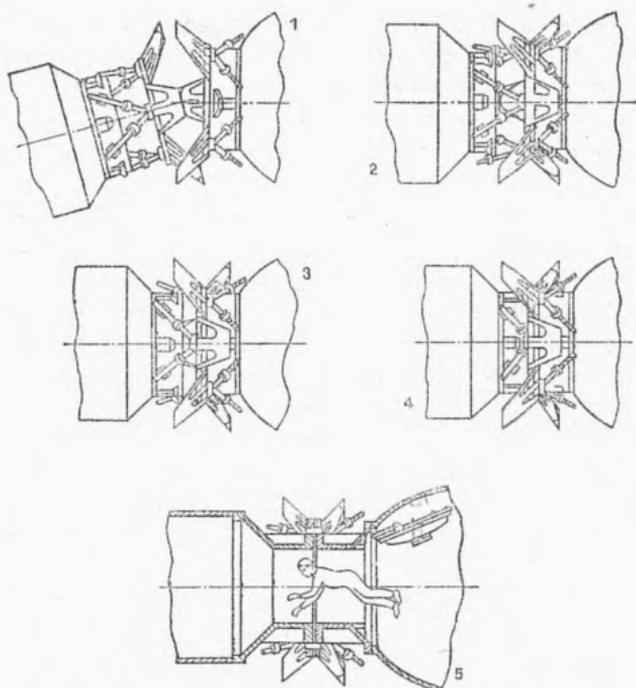


Рис. 2. Схема работы стыковочных агрегатов:

1 — касание, 2 — совмещение колец и сцепка, 3 — выравнивание и стягивание, 4 — жесткое и герметичное соединение, 5 — переход космонавта

До начала стыковки кольцо с направляющими активного агрегата выдвигается в крайнее заднее положение. При соприкосновении кораблей направляющие на конце одного агрегата скользят по направляющим выступам другого и происходит совмещение кольца актив-

ного агрегата, первичная сцепка и выравнивание кораблей. Затем происходит стягивание кораблей и их жесткое соединение.

Конструкция стыковочного агрегата предусматривает создание внутреннего тоннеля для перехода экипажей из корабля в корабль.

Система ориентации и управления движением корабля «Союз» предназначена для управления положением космического корабля в пространстве; построения различных видов ориентации; длительного сохранения ориентированного положения; стабилизации корабля при выдаче реактивного импульса сближающе-корректирующей двигательной установкой и управления процессом сближения с другим космическим кораблем.

В состав системы ориентации и управления движением входят командные приборы-датчики, блоки, преобразующие сигналы от приборов-датчиков в команды на органы управления, средства наблюдения и контроля ориентации и ручки управления кораблем. В качестве исполнительных органов используется система двигателей причаливания и ориентации и сближающе-корректирующая двигательная установка.

Управление пространственным положением корабля может выполняться в автоматических режимах или космонавтом. Включение автоматических режимов может производиться радиокomандами с Земли. При автоматической ориентации информация о пространственном угловом положении и скорости вращения корабля поступает от приборов-датчиков. Бортовой логический блок преобразует ее в команды на включение и выключение двигателей причаливания и ориентации малой тяги, управляющих разворотами корабля.

Ручной контур управления позволяет экипажу ориентировать корабль на Землю, Солнце и некоторые звезды. При ориентации экипаж наблюдает их через оптические приборы или пользуется индикаторами датчиков положения корабля.

Автоматическая орбитальная ориентация выполняется с использованием ионного датчика и датчика инфракрасной вертикали. Управление с помощью датчика инфракрасной вертикали позволяет направить одну из поперечных осей корабля на центр Земли. Ионный датчик совмещает продольную ось корабля с плоскостью орбиты. Одноосную ориентацию корабля на Землю по-

звolyет выполнить датчик инфракрасной вертикали, а по направлению движения — ионный датчик.

При выдаче реактивного импульса сближающе-корректирующей двигательной установкой корабль должен сохранить неизменным свое угловое положение, быть стабилизированным. Стабилизацию корабля также выполняет система ориентации и управления движением. При ориентации на Солнце бортовой автомат разворачивает корабль, подставляя Солнцу панели солнечных батарей.

Космонавт с помощью ручного управления может выполнить любой вид ориентации корабля или вмешаться в ход автоматического режима. При автоматических режимах, имеющих важное значение, космонавт, как правило, контролирует ход режима по экрану на пульте космонавта, визиру или с помощью сигнализации на пульте.

При сближении и причаливании система ориентации и управления движением работает следующим образом. За два витка до стыковки экипаж «Союза» с помощью ручного управления разворачивает корабль, выполняя орбитальную ориентацию. При такой ориентации продольная ось корабля совмещается с направлением скорости его движения, а одна из поперечных осей направляется на центр Земли. После установления орбитальной ориентации она поддерживается с помощью автоматики.

При обнаружении корабля «Союз» оптическими средствами «Аполлона» начинается сближение кораблей. На этапах причаливания и стыковки корабль «Союз» изменяет режим ориентации. Теперь он поддерживает неизменной свою ориентацию относительно небесных светил. Автоматическое поддержание такой ориентации удобно для «наблюдения» стыковочной мишени, так как условия ее освещенности не меняются при причаливании.

В непосредственной близости от «Аполлона» корабль «Союз» разворачивается вокруг продольной оси, занимая положение, удобное для стыковки. Система ориентации «запоминает» это положение и поддерживает его.

Система двигателей причаливания и ориентации состоит из 14 двигателей причаливания и ориентации тягой по 10 кг каждый и из 8 двигателей ориентации

тягой по 1 кг каждый, работающих на однокомпонентном топливе. Включая в определенном порядке двигатели, можно создавать управляющие моменты и разворот корабля вокруг его центра масс или обеспечивать его поступательное перемещение.

В спускаемом аппарате также установлены шесть управляющих двигателей малой тяги, которые работали на участке движения спускаемого аппарата при спуске.

Сближающе-корректирующая двигательная установка, предназначенная для выдачи корректирующего или тормозного реактивного импульса, имеет однокамерный сближающе-корректирующий двигатель тягой 417 кг и двухкамерный дублирующий корректирующий двигатель тягой 411 кг с рулевыми соплами. Сближающе-корректирующая двигательная установка имеет автономные топливные баки с двухкомпонентным топливом, систему подачи топлива в каждый двигатель и соответствующую автоматику.

Радиотехнический комплекс корабля «Союз» состоит из системы радиотелефонной связи, телевизионной системы, командной радиосистемы, телеметрической системы, системы измерения параметров орбиты.

Бортовой радиокomплекс совместно с наземным радиокomплексом, т. е. средствами, размещенными на измерительных пунктах и в Центре управления полетом, обеспечивает радиотелефонную связь с экипажами кораблей «Союз» и «Аполлон»; наблюдение за деятельностью экипажа по телевидению; проведение репортажей из космоса; управление системами корабля с Земли; контроль функционирования систем и агрегатов корабля, а также определяет траекторию полета корабля.

Система радиотелефонной связи космического корабля «Союз» обеспечивает связь с наземными пунктами, а также связь с кораблем «Аполлон».

Для измерения дальности между кораблями на «Союзе» установлен американский УКВ-приемопередатчик с переносчиком частот дальности, который, кроме того, обеспечивает радиотелефонную связь.

На корабле «Союз» имеются две группы антенн межбортовой связи. Эти антенны размещены на орбитальном отсеке. Путем их переключения можно обеспечить практически круговую диаграмму направленности,

что крайне важно при произвольном расположении кораблей в пространстве по отношению друг к другу.

Телевизионная система корабля «Союз» использует четыре телекамеры. Три телекамеры расположены внутри корабля (одна в спускаемом аппарате, две в орбитальном отсеке) и одна — снаружи (направлена в сторону стыковочного агрегата). Две внутренние телекамеры обеспечивают цветное изображение. После стыковки кораблей была образована проводная телефонная и телевизионная связь.

Через командную радиосистему с советских наземных пунктов управления на борт корабля «Союз» передаются команды, предназначенные для дистанционного управления системами корабля.

Бортовая телеметрическая система обеспечивает дистанционный контроль на Земле функционирования всех систем корабля. Параметры, характеризующие работу бортовых систем, автоматически измеряются и передаются на Землю.

Система измерения параметров орбиты совместно с измерительными средствами наземного измерительного комплекса производит точное определение параметров орбиты корабля.

Система электропитания обеспечивает аппаратуру и оборудование корабля постоянным током с номинальным напряжением 27 В. Она включает в себя основную систему батарей и резервную батарею. Основная система состоит из солнечных батарей с полезной площадью 9 м² и химических аккумуляторных батарей, используемых в буферном режиме. Резервная батарея может обеспечить кратковременный полет и спуск корабля в случае отказа основной системы. В спускаемом аппарате имеется автономная батарея, обеспечивающая электропитанием системы спускаемого аппарата после его отделения от остальных отсеков.

Система приземления и мягкой посадки включает в себя основную и запасную парашютные системы, а также двигатели мягкой посадки на твердом топливе, срабатывающие по команде от высотомера.

Система управления бортовым комплексом приборов и агрегатов на корабле имеет специальную систему, состоящую в основном из коммутационных приборов.

Комплекс систем обеспечения жизнедеятельности в полете при переходе из корабля в корабль и совмест-

ной работе с экипажем корабля «Аполлон» в «Союзе» поддерживает и создает заданный состав атмосферы, температуру и санитарно-бытовые условия, а также обеспечивает пищей и водой.

Комплекс состоит из следующих систем: системы обеспечения газового состава; системы терморегулирования; системы питания и водообеспечения; комплекта устройств, предметов и вещей, обеспечивающих быт и гигиену космонавтов; комплекта скафандров.

Система обеспечения газового состава предназначена для поддержания в корабле заданных параметров атмосферы.

Удаление углекислого газа и вредных примесей, выделяемых экипажем, и восполнение кислорода, потребляемого при дыхании, осуществляется генерационными блоками, установленными в спускаемом аппарате и орбитальном отсеке. Обе установки работают по следующему принципу: вентиляторы подают воздух из отсеков в регенераторы с надперекисью калия, где он подвергается очистке и обогащается кислородом.

Система терморегулирования корабля «Союз» поддерживает температуру воздуха в жилых отсеках в пределах $15-25^{\circ}\text{C}$ и относительную влажность в пределах $20-70\%$; температуру воздуха в приборном отсеке в пределах $0-40^{\circ}\text{C}$; температуру аппаратуры и различных элементов конструкции в заданных пределах, а также обеспечивает вентиляцию в отсеках. Система терморегулирования включает в себя экранно-вакуумную теплоизоляцию и гидравлическую систему.

Системы питания и водообеспечения включают в себя суточные рационы питания, состоящие из разнообразных натуральных консервированных продуктов, упакованных в алюминиевые тубы и жестяные банки, и систему хранения и подачи питьевой воды.

Потребление воды из бачка осуществляется через специальное приемное устройство.

Ассенизационно-санитарное устройство размещается в орбитальном отсеке. Принцип его работы основан на переносе жидких частиц (урины) потоком воздуха в специальный сборник, где они разделяются на жидкую и газообразную фазы.

Космический корабль «Аполлон»

Космический корабль «Аполлон» создан в основном как корабль, обеспечивающий полет человека на Луну. В дальнейшем корабль был модифицирован и превращен в транспортный корабль для доставки экипажа на орбитальную станцию «Скайлэб». Эта модификация корабля «Аполлон» была предложена США для первого экспериментального полета «Союз—Аполлон».

Космический корабль «Аполлон» для этого полета имел максимальную стартовую массу 14,7 т, длину более 13 м, максимальный диаметр 3,9 м. (Космический корабль «Аполлон» состоит из трех основных отсеков: командного, служебного, стыковочного.)

Командный отсек предназначен для размещения экипажа на участке выведения корабля на орбиту, при управлении в полете, во время управляемого спуска в атмосфере, парашютирования и приводнения. Отсек является герметичным отсеком, покрытым теплозащитной оболочкой, имеющей в нижней части лобовой теплозащитный экран. Командный отсек содержит все необходимое оборудование для контроля и управления системами корабля, а также снаряжение, обеспечивающее безопасность и удобство работы экипажа. Он имеет 5 обзорных иллюминаторов, на одном из которых установлен оптический прибор для ручного причаливания и стыковки с использованием стыковочных мишеней, установленных на корабле «Союз».

Для обеспечения экспериментального полета «Союз—Аполлон» в командном отсеке были установлены:

— дополнительные контейнеры с запасами для системы жизнеобеспечения;

— дополнительная панель управления научными экспериментами;

— оборудование для связи через спутник-ретранслятор;

— видеомэгнитофон и новые блоки телевизионной системы;

— дополнительные фалы и разъемы к стыковочному отсеку;

— модифицированные средства управления и индикации на пульте управления;

— оборудование для экспериментов в командном отсеке.

Командный отсек стыкуется со стыковочным отсеком с использованием агрегата стыковки старого типа «штырь — конус».

Масса командного модуля составляет 5,9 т.

Служебный отсек предназначен для размещения маршевой двигательной установки, системы двигателей реактивной системы управления, агрегатов системы энергопитания, включающих топливные элементы и запасы кислорода и водорода, а также оборудования для связи со спутником-ретранслятором.

На внешней поверхности отсека установлено 16 двигателей реактивной системы управления, сгруппированных по 4 двигателя в каждой из четырех групп. Снаружи служебного отсека размещены радиаторы системы контроля окружающей среды и системы энергопитания, внешние бортовые огни ориентации, антенны дециметрового диапазона и антенна мощного передатчика для связи со спутником-ретранслятором.

Для обеспечения экспериментального полета «Союз—Аполлон» в служебном отсеке были установлены:

- аппаратура для связи со спутником-ретранслятором;
- антенна с большим коэффициентом усиления;
- доплеровский приемник с антенной;
- дополнительный блок с топливом для двигателей реактивной системы управления;
- дополнительные системы для проведения научных экспериментов.

Для обеспечения необходимых массовых характеристик корабля с него были сняты два топливных бака из четырех, входящих в состав маршевой двигательной установки, шар-баллон с газом наддува, а также часть буферных батарей системы энергопитания.

Масса служебного отсека на старте составляет 6,8 т, из которых 1,2 т приходится на топливо для основного маршевого двигателя с номинальной тягой 9300 кг и 1,3 т — на топливо в автономных баках для двигателей реактивной системы управления.

Стыковочный отсек, разработанный специально для совместного полета являлся фактически шлюзовым отсеком, который позволил экипажам кораблей «Аполлон» и «Союз» переходить из корабля в корабль.

Стыковочный отсек имеет цилиндрическую форму, длину 3,15 м и максимальный диаметр 1,4 м.

К передней части стыковочного отсека закреплен стыковочный агрегат нового типа. Внутри стыковочного отсека имеется приборная секция, в которой расположены пульты управления и индикации параметров работы систем отсека, радиостанция УКВ-диапазона, работающая на частоте СССР, оборудование системы контроля окружающей среды, кислородные маски, огнегаситель, светильники, телевизионное оборудование, распределительная коробка для подключения оборудования связи и телекамеры, переносимые космонавтами корабля «Союз» в корабль «Аполлон», а также оборудование для эксперимента «универсальная печь».

Снаружи стыковочного отсека были размещены 4 шар-баллона с газообразным кислородом и азотом, необходимые для поддува отсека при переходах экипажей, контейнер с оборудованием для эксперимента «ультрафиолетовое поглощение», а также антенны радиостанции УКВ-диапазона и стыковочная мишень для контроля экипажем корабля «Союз» процесса причаливания и стыковки.

Конструкция стыковочного отсека и зона размещения шар-баллонов закрыты экранно-вакуумной и теплоизоляцией и экранами из сплава инконель. Масса стыковочного отсека составляет 2 т.

Система стыковки включает в себя андрогинно-периферийный агрегат стыковки, совместимый с агрегатом «Союза».

Система навигации и наведения состоит из трех подсистем: инерциальной, оптической и вычислительной. Эти подсистемы обеспечивают вычисление инерциальной скорости и положения, оптические навигационные измерения, определение и управление пространственным положением корабля и выработку команд наведения в течение всех фаз полета.

Система стабилизации и управления обеспечивает задание осей координат для определения положения корабля в пространстве, управление пространственным положением корабля и управление направлением тяги маршевого двигателя, а также обеспечивает индикацию и возможность автоматического и ручного управления пространственным положением, используя дви-

гатели системы реактивного управления, и управление направлением тяги маршевого двигателя.

Система энергоснабжения использует топливные элементы, с помощью которых кислород и водород преобразовываются в воду с выделением электрической энергии. Аккумуляторные батареи применяются как дополнительные источники тока во время пиковых нагрузок и для электропитания систем командного отсека при спуске.

Система контроля окружающей среды обеспечивает регулирование параметров атмосферы корабля, расход воды и терморегулирование. Давление в кабине командного отсека поддерживается на уровне $258 \pm \pm 15$ мм рт. ст. 100-процентного кислорода при номинальном режиме. Давление двуокиси углерода регулируется до уровня меньше чем 7,6 мм рт. ст. посредством сменных литиевых патронов.

Система радиосвязи состоит в основном из УКВ-системы, унифицированного оборудования дециметрового диапазона, используемого для связи корабля с наземными центрами управления полетом, и оборудования для связи с Землей через спутник связи ATS-6. Кроме того, в стыковочном отсеке была установлена УКВ-система, работающая на частоте СССР.

Маршевая двигательная установка создает импульс тяги для всех больших изменений скорости по продольной оси корабля. Маршевая двигательная установка размещается в служебном отсеке и состоит из подсистемы наддува, подсистемы хранения и подачи топлива и ракетного двигателя с тягой 9300 кг.

Система реактивного управления состоит из двух полностью независимых систем для командного и для служебного отсеков. Система командного отсека управляет вращением корабля и скоростью вращения по всем трем осям после отделения командного отсека от служебного при входе в плотные слои атмосферы. Система командного отсека имеет 12 двигателей с номинальной тягой 42 кг каждый.

Система служебного отсека используется для управления вращением и скоростью вращения корабля по всем трем осям и для выполнения малых маневров перемещения центра масс всего корабля. В системе имеется 16 двигателей с номинальной тягой 45 кг каждый.

Оптическая система для ручного выравнивания при стыковке включает в себя коллиматорный прицел, устанавливаемый на одном из иллюминаторов командного отсека корабля «Аполлон». Во время причаливания и стыковки используются стыковочные мишени, установленные на корабле «Союз».

Система радионаведения состоит из УКВ-приемопередатчика, с помощью которого на борту корабля «Аполлон» вырабатываются данные о расстоянии между кораблями. Наряду с информацией, полученной от оптической части системы навигации и наведения, эти данные закладываются в бортовую вычислительную машину с целью получения необходимых данных для проведения маневров сближения.

Основные этапы совместного полета кораблей «Союз» и «Аполлон»

Согласованная программа полета предусматривала следующий порядок старта и совместного полета кораблей. Первым намечался старт с советского космодрома корабля «Союз». В течение двух суток полета «Союз» должен был произвести несколько маневров с целью перехода на круговую монтажную орбиту высотой 225 км, на которой предполагалась стыковка с кораблем «Аполлон», и затем, после подтверждения выполнения «Союзом» этих операций, должно было быть принято решение о запуске корабля «Аполлон».

Старт «Аполлона» планировался через 7 ч 30 мин после запуска «Союза». После выполнения ряда маневров «Аполлона», необходимых для сближения кораблей, на 36-м витке полета (через 51 ч 55 мин после старта «Союза») корабли должны были состыковаться.

Совместный полет кораблей должен был продолжаться около двух суток, в течение которых намечались взаимные переходы из одного корабля в другой всех членов экипажей, а также совместные научные эксперименты и радио- и телерепортажи с борта кораблей.

Через 95 ч 42 мин после старта «Союза» должна была произойти расстыковка кораблей, затем их маневрирование на орбите для выполнения совместного эксперимента «искусственное солнечное затмение», а также вторичная (так называемая «тестовая») стыковка ко-

раблей. При повторной стыковке роль активного корабля отводилась «Союзу». После второй расстыковки должен был быть осуществлен научный эксперимент «ультрафиолетовое поглощение», и на этом программа совместного полета кораблей заканчивалась. После чего намечались программы автономного полета двух кораблей, через сутки — сход корабля «Союз» с орбиты с последующим приземлением и затем, еще через трое суток, — посадка «Аполлона». Так выглядела общая программа полета кораблей «Союз» и «Аполлон», которая с успехом была полностью выполнена.

Как же проходил этот сложный полет? После завершения работ на заводах-изготовителях корабли были доставлены на космодромы, соответственно «Союз» в Байконур и «Аполлон» на м. Канаверал, и на космодромах началась напряженная предстартовая подготовка кораблей и ракет-носителей, заключающаяся в многочисленных автономных и комплексных проверках всех их бортовых систем.

Предстартовая подготовка кораблей велась в соответствии с ранее согласованным графиком. Все операции, предусмотренные графиком, выполнялись точно в согласованные сроки. При этом проводился регулярный обмен сообщениями между двумя странами о ходе предстартовой подготовки ракет-носителей и кораблей, а также о прогнозах погоды в районах стартовых площадок. Это было необходимо для того, чтобы, имея взаимную информацию о ходе подготовки, в случае необходимости своевременно перестроить график подготовки к старту, с тем, чтобы дать возможность обеим сторонам закончить все предстартовые операции в строго намеченные сроки.

Экспериментальный полет начался 15 июля 1975 г. стартом корабля «Союз» в 12 ч 20 мин 0,005 с по гринвичскому времени (15 ч 20 мин 0,005 с по московскому времени). Заданное время было выдержано очень точно (ошибка составляла всего 0,005 с). Все операции по выведению корабля на орбиту и последующие маневры также были выполнены с высокой точностью.

Корабль «Союз» вышел на орбиту с параметрами $186,5 \times 222,1$ км. Наклонение орбиты составило $51,785^\circ$. На 4-м витке корабль «Союз» выполнил маневр с импульсом 3,6 м/с для перехода на монтажную орбиту, после чего экипаж начал снижать давление в жилых

отсеках при одновременном насыщении атмосферы кислородом до заданных значений; в результате давление в объединенном объеме спускаемого аппарата и орбитального отсека стало 520 мм рт. ст.

На 17-м витке в 24 ч 23 мин 40,8 с корабль «Союз» выполнил второй маневр с импульсом 11,8 м/с, в результате чего «Союз» перешел на монтажную орбиту с параметрами $222,6 \times 225,4$ км. В соответствии с графиком старт «Аполлона» был проведен через 7,5 ч — в 07 ч 30 мин 01 с полетного времени (ПВ), практически в расчетное время (07 ч 30 мин 00 с ПВ). Корабль вышел на орбиту с параметрами 149×168 км.

Переход корабля «Аполлон» на круговую орбиту с высотой 167 км был осуществлен после его окончательного отделения от второй ступени ракеты-носителя. На этой орбите проводился первый фазирующий маневр «Аполлона» с тем, чтобы увеличить высоту апогея и изменить фазовый угол относительно «Союза».

На протяжении всего полета на основании данных, получаемых из телеметрической информации и от станций слежения, центры управления определяли вектора состояния своих кораблей и сообщали эти данные в центр управления другой страны. На основании этого проводились вычисления взаимного положения кораблей, величины и направления импульсов для маневра.

За два витка до стыковки экипаж «Союза» установил с помощью ручного управления орбитальную ориентацию корабля. Поддержание ее выполнялось автоматически с помощью датчика инфракрасной вертикали и измерения угловой скорости по каналу рыскания. На участке сближения кораблей в период подготовки к каждому маневру управление обеспечивала реактивная система и цифровой автопилот «Аполлона».

После выполнения маневров на среднем участке траектории управление «Аполлоном» было передано на аналоговый автопилот системы стабилизации и управления, которая во время торможения обеспечивала ориентацию корабля со скоростью углового маневра в ручном режиме управления 0,2 град/с. Обнаружение и слежение по маякам «Союза» проходило удовлетворительно.

После непродолжительного периода зависания (около 20 мин) при управлении с помощью аналоговой системы управления «Аполлон» начал причаливание и стыковку. Основная стыковочная мишень «Союза» бы-

ла раскрыта и обеспечила надежную визуальную информацию для экипажа «Аполлона» при управлении кораблем. После сообщения «Аполлона» о начале зависания «Союз» перешел в режим поддержания автоматической инерциальной ориентации для стыковки, используя двигатели ориентации тягой 1 кг. При этом зона нечувствительности составила $0,5^\circ$ и угловые скорости не превышали $0,02$ град/с. Корабль «Союз» выполнил программный разворот по крену на угол 60° и сохранил это положение до момента стыковки.

17 июля 1975 г. в 51 ч 49 мин 09 с ПВ была осуществлена стыковка (сцепка) кораблей. При этой стыковке в активном режиме работал стыковочный агрегат «Аполлона». Условия начального контакта между кораблями были следующие: скорость сближения «Аполлона» при контакте была приблизительно $0,25$ м/с и боковое смещение кораблей около $0,082$ м. Не было обнаружено существенных угловых рассогласований кораблей.

Средние показания термодатчиков на амортизаторах стыковочного агрегата «Аполлона» были 20°C , средняя температура поверхности стыковочного шпангоута «Союза» была 16°C . Стыковочный агрегат нормально амортизировал удар, и сцепка была успешно осуществлена.

Полет космических кораблей в состыкованном состоянии длился 43 ч 54 мин 11 с. В течение этого времени экипажами кораблей была выполнена запланированная большая, напряженная совместная программа. В 54 ч 58 мин ПВ были открыты люки в тоннеле, соединяющем два корабля, и произошла встреча командиров экипажей А. А. Леонова и Т. Стаффорда. Это были волнующие минуты, и миллионы телезрителей наблюдали встречу командиров двух кораблей. Затем Стаффорд и Слейтон в сопровождении Леонова перешли в орбитальный отсек.

Во время первой встречи космонавтов и астронавтов было передано приветствие Генерального секретаря ЦК КПСС Л. И. Брежнева экипажам обоих кораблей и состоялась беседа президента США Д. Форда с экипажами. Командиры кораблей обменялись флагами своих стран, а командир «Союза» передал командиру «Аполлона» флаг Организации Объединенных Наций. Участвующие во встрече члены экипажей подписали совмест-

ные свидетельства Международной авиационной федерации о выполнении первой международной стыковки.

Первое посещение астронавтов корабля «Союз» длилось дольше, чем предполагалось. Астронавты вернулись в «Аполлон» в 58 ч 25 мин ПВ, т. е. на 1 ч 15 мин позже запланированного. Но никто не упрекнул их за это нарушение графика — так эмоционально прошла эта первая встреча советских космонавтов и американских астронавтов в советском космическом корабле «Союз» в их полете на орбите вокруг Земли.

В 68 ч 42 мин ПВ были начаты операции второго перехода. В запланированное время были открыты люки между кораблями, пилот командного отсека астронавт Бранд перешел в «Союз», а командир «Союза» Леонов — в стыковочный отсек «Аполлона». Во время этого периода совместной деятельности, который длился 6 ч 14 мин, члены экипажей были подробно ознакомлены с оборудованием и системами другого корабля, проведены совместные телерепортажи и кинофотосъемки, физические упражнения и так называемая символическая деятельность (так называлась та часть деятельности экипажей в полете, которая символизировала собой стремление народов к дружбе и совместной работе).

В корабле «Союз» члены экипажей соединили две части памятной платы, затем пилот командного отсека В. Бранд подписал свидетельства ФАИ, бортинженер «Союза» В. Н. Кубасов провел рассказ о территории СССР и телевизионный репортаж о событиях, происходящих в корабле. Совместно с В. Брандом он также продемонстрировал по телевидению простейшие физические опыты.

В это же время на корабле «Аполлон» состоялось подписание находившихся там экземпляров свидетельства ФАИ. Командиры двух кораблей соединили вторую памятную плату.

В 75 ч 08 мин ПВ начался третий переход. Командир «Аполлона» Стаффорд и командир «Союза» Леонов перешли в «Союз», а бортинженер «Союза» Кубасов с пилотом командного отсека Брандом перешли в «Аполлон». Во время этого перехода на корабле «Союз» были соединены две половины памятной медали. Командир «Аполлона» передал командиру «Союза» семе-

на деревьях, произрастающих в США. Аналогичные события проходили на борту «Аполлона».

В это же время на борту кораблей «Союз» и «Аполлон» состоялась первая в мире международная пресс-конференция в космосе, во время которой космонавты и астронавты ответили по радио на вопросы корреспондентов, передаваемые им с Земли из советского и американского пресс-центров.

Последний, четвертый переход был начат в 78 ч 55 мин ПВ. После процедуры прощания командир «Аполлона» и бортинженер «Союза» вернулись в свои корабли. Операции перехода были завершены в 81 ч 46 мин ПВ.

Таким образом, при полете кораблей в состыкованном состоянии было проведено четыре перехода между кораблями. В это время цифровой автопилот «Аполлона» осуществлял управление пространственным положением в пределах, определяемых фазовыми плоскостями управления. Приблизительно за одну минуту до первой расстыковки управление угловым пространственным положением было переведено на аналоговый автопилот «Аполлона».

В 95 ч 43 мин ПВ, примерно через 75 с после орбитального восхода Солнца, была осуществлена первая расстыковка, и корабли разошлись на расстояние 220 м. После расстыковки был проведен совместный эксперимент «искусственное солнечное затмение». Система управления «Союза» была включена в режим поддержания инерциальной ориентации, которая поддерживалась на протяжении всего эксперимента «искусственное солнечное затмение» с ошибкой по углу не более 1° (угловая скорость не превышала 0,02 град/с).

После завершения этого эксперимента в соответствии с намеченной программой «Аполлон» начал зависание относительно «Союза» для подготовки к повторной стыковке с «Союзом».

Корабль «Союз» выполнил программные развороты по рысканию на угол 30° и тангажу на угол 67° , обеспечив заданное освещение Солнцем стыковочной мишени, и сохранил инерциальную ориентацию с угловой скоростью не более 0,02 град/с по трем осям до касания при стыковке.

Повторная, «тестовая», стыковка была осуществлена в 96 ч 13 мин 39 с ПВ с помощью стыковочного аг-

агрегата корабля «Союз» в активном состоянии, т. е. с выдвинутым кольцом с направляющими. Кольцо с направляющими стыковочного агрегата корабля «Аполлон» при этом было втянуто. По данным телеметрической информации непосредственно перед касанием угловые скорости «Аполлона» составляли 0,05; 0,05; 0,05 град/с по тангажу, рысканию и крену, при контакте были приблизительно следующие начальные параметры: скорость сближения в пределах 0,15—0,18 м/с, угловое рассогласование продольных осей 0,7°, рассогласование по крену приблизительно 2°, боковое смещение от 0,07 до 0,10 м. При этом температура поверхности стыковочного шпангоута «Союза» была 19° С, среднее показание термодатчиков на амортизаторах «Аполлона» было 14° С.

В течение 6 с после сцепки было зафиксировано близкое к предельному возмущение угловой скорости «Союза» (до 2,2 град/с по рысканию и 0,7 град/с по тангажу) в результате незапланированных включений двигателей экипажем «Аполлона». Стыковочный агрегат «Союза» успешно самортизировал полученное возмущение, выровнял корабли, и через 42 с после сцепки автоматически началось стягивание. В конце стягивания, на 174-й секунде после сцепки, непосредственно перед входом направляющих штырей в гнезда, вновь было отмечено значительное возмущение кораблей. Угловые скорости «Союза» доходили до 2 град/с по тангажу и 0,7 град/с по рысканию. В это время корабль «Аполлон» с помощью ручного управления совершал незапланированные маневры по тангажу и рысканию, которые вызвали эти возмущения. Стыковочное устройство корабля «Союз» успешно справилось и с этими возмущениями, но тот, кто наблюдал этот процесс стыковки, находясь в Центре управления, пережил тревожные минуты.

Через 2 ч 52 мин 33 с была выполнена окончательная расстыковка и до 102 ч 49 мин 00 с ПВ проводился совместный эксперимент «ультрафиолетовое поглощение», во время которого в соответствии с программой между кораблями поддерживались расстояния 150, 500 и 1000 м. В процессе этого эксперимента экипаж корабля «Союз» выполнил ряд сложных маневров и режимов ориентации, по просьбе экипажа «Аполлона» создавая

оптимальные условия для его работы при выполнении эксперимента.

В 102 ч 22 мин 27 с ПВ корабль "Аполлон" совершил маневр ухода с импульсом 0,6 м/с. В результате этого в 102 ч 49 мин 00 с ПВ корабль "Аполлон" прошел над кораблем "Союз" на расстоянии 1000 м. Совместный этап полета был завершен. В это время параметры орбиты корабля "Аполлон" составляли 220,8x222,1 км; причем корабль "Аполлон" следовал за кораблем "Союз", отставая от него примерно на 9 км за виток.

В 141 ч 50 мин 21 с ПВ корабль "Союз" совершил маневр схода с орбиты, параметры которой составляли 210,4x216,8 км и 21 июля после 6 суток полета в 142 ч 30 мин 51,4 с ПВ спускаемый аппарат успешно приземлился в Казахстане в точке с координатами 50,7° с. ш. и 67,1° в. д.

В 224 ч 17 мин 47 с ПВ, примерно через 3,5 дня после посадки корабля "Союз", корабль "Аполлон" затормозился для схода с орбиты, и затем командный отсек "Аполлона" приводнился в Атлантическом океане с координатами 22,0° с. ш. и 160,3° з. д.

Говоря о работе оборудования кораблей в этом сложном полете, необходимо отметить, что все их системы и оборудование работали хорошо, обеспечив выполнение всех задач программы ЭПАС. Системы обеспечения жизнедеятельности корабля "Союз" поддерживали состав атмосферы в объединенном объеме стыковочного отсека и корабля "Союз" в заданных пределах (см. табл. 1).

Таблица 1 Параметры системы обеспечения жизнедеятельности

Параметры	Во время совместного полета	Согласованные параметры
Общее давление, мм рт. ст.	500-520	490-550
Парциальное давление O ₂ мм рт. ст.	157-178	150-210
Парциальное давление CO ₂ , мм рт. ст.	3,5-6-64	10

Парциальное давление паров воды, мм рт. ст.	10-12	8-15
Температура воздуха, °С	20-24	15-25

Система регулирования окружающей среды корабля "Аполлон" поддерживала состав атмосферы в объединенном объеме командного и стыковочного отсеков также в требуемых пределах во время переходов. Это видно из табл. 2.

Таблица 2 Параметры системы "Аполлона"

Параметры	Во время полета	Согласованные параметры
Общее давление, мм рт. ст.	250-270	243-274
Парциальное давление O ₂ , мм рт. ст.	170-195	165-225
Парциальное давление CO ₂ , мм рт. ст.	0,6-2,0	7,6 (на основе анализа)
Парциальное давление паров воды, мм рт. ст.	До 20	
Температура воздуха, °С	15-23	12,7-28

На протяжении всего полета тепловой режим обоих кораблей поддерживался в заданных пределах.

Радиооборудование кораблей отлично справилось с задачами связи, а также измерений параметров траекторий и относительного движения кораблей. Радиотехнические системы кораблей "Союз" и "Аполлон" во время всего полета не создавали взаимных помех. Это подтвердило правильность выводов проведенного анализа радиочастотной совместимости кораблей.

Некоторые неполадки возникли в телевизионном оборудовании кораблей. На 74-м часу ПВ пропала цветная синхронизация одной из камер "Аполлона". В дальнейшем эта камера так и не использовалась. На начальном участке полета возникли неполадки в коммутационном блоке телеметрической системы "Союза". Возникла угроза срыва возможности вести телевизионные передачи с борта "Союза". Экипаж корабля, космонавты Леонов и Кубасов, с

помощью наземных специалистов провели большую работу по ремонту телевизионной аппаратуры на борту корабля и сумели, к общей радости всех, восстановить ее работоспособность.

Миллионы зрителей наблюдали телевизионные передачи о полете кораблей и работе их замечательных экипажей.

Особо следует сказать о работе центров управления

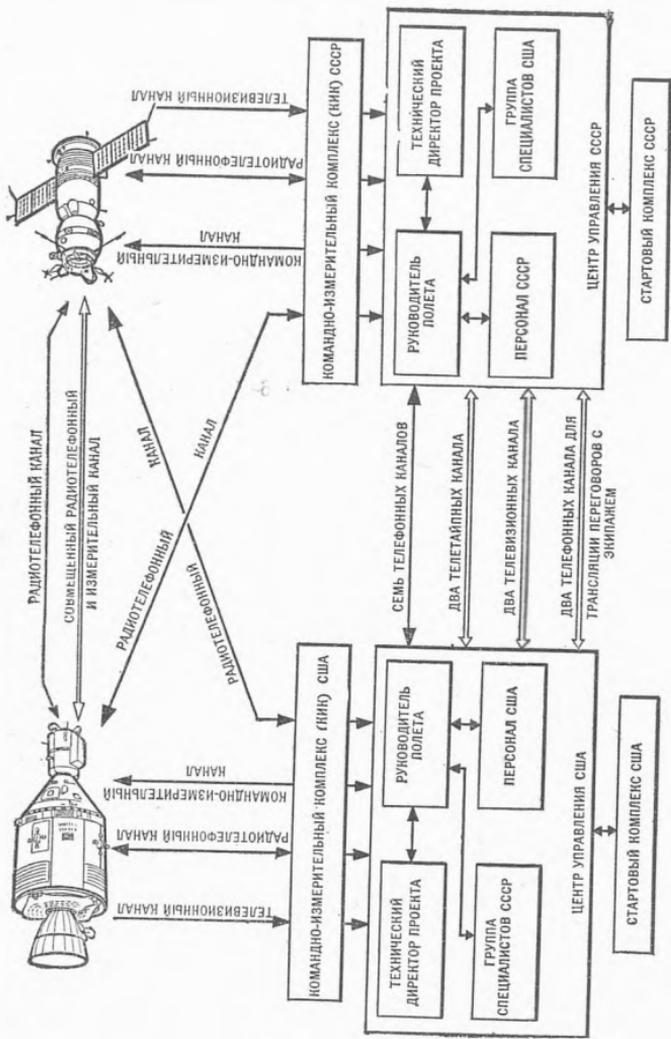


Рис. 3. Схема организации управления совместным полетом кораблей «Союз» и «Аполлон»

полетом. Персонал советского и американского центров управления полностью выполнил все свои задачи, обеспечив оперативное четкое взаимодействие между центрами и с кораблями (рис. 3).

При предполетной подготовке и в продолжение всего полета взаимодействие центров управления проходило нормально, в соответствии со всеми согласованными планами. 27 июня 1975 г. между центрами управления было открыто тринадцать телефонных каналов связи (14-й канал был включен как резервный). Два телефонных канала использовались для обмена фототелеграфными сообщениями между центрами управления. Один канал был предназначен исключительно для обмена информацией между пресс-центрами обеих стран.

Во время полета использовались три телеграфных канала: два — для обмена телетайпными сообщениями между центрами управления, один — для дистанционного переключения приемопередатчиков «борт — земля». На время основных этапов полета между центрами управления устанавливались два канала телевизи-

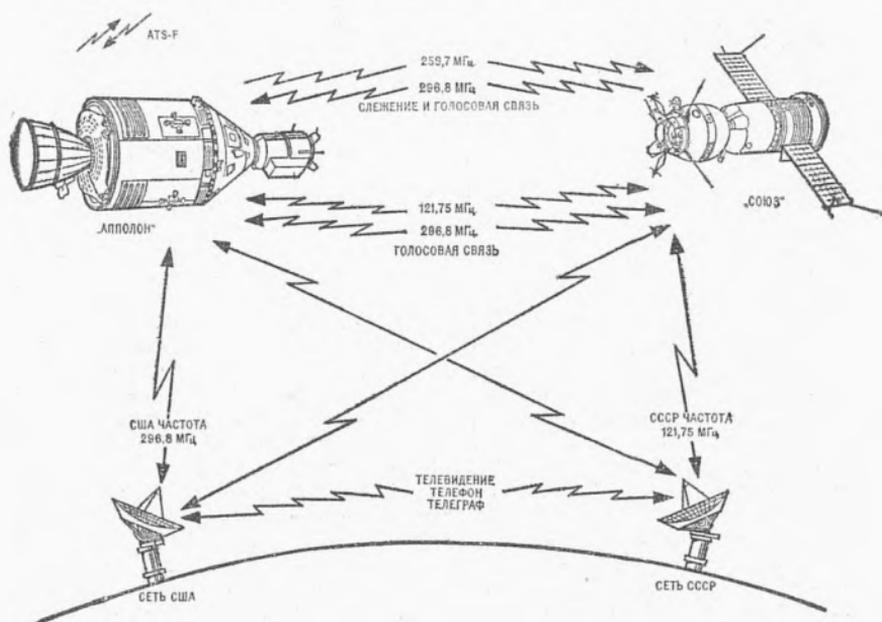


Рис. 4. Схема радиосвязи при совместном полете кораблей «Союз» и «Аполлон»

онной связи. Порядок использования телевизионных линий был заранее согласован (был разработан план обмена телевизионными передачами между центрами управления в объеме около 47 ч). Работа всех видов связи в целом проходила вполне удовлетворительно (рис. 4). Тренировки, предшествовавшие полету, в значительной степени способствовали успешной работе центров управления. 14 июля 1975 г., приблизительно за сутки до старта «Союза», началось непрерывное дежурство персонала на всех рабочих местах в обоих центрах управления. Положительное значение имел обмен группами специалистов для взаимной консультативной помощи во время полета кораблей. Эти специалисты тоже начали дежурить в центрах управления приблизительно за сутки до старта корабля «Союз».

Итоги программы ЭПАС

Программа ЭПАС, над которой упорно трудились в течение более трех лет советские и американские ученые, инженеры, рабочие, была успешно завершена. Позади остались годы упорного труда, больших и малых дискуссий, радостей и огорчений, но в конечном счете, несмотря на все трудности, стыковка советского и американского космического кораблей на глазах всего мира произошла.

Вся сложная программа совместного полета кораблей «Союз» и «Аполлон» со стыковкой, взаимным переходом экипажей, выполнением совместных научных экспериментов выполнена полностью. Впервые в истории космонавтики на околоземной орбите была создана и функционировала в течение двух суток космическая система из кораблей двух стран с международным экипажем на борту. Общественность, политические деятели, ученые разных стран с полным основанием рассматривают этот полет как историческое событие в исследовании космического пространства, как важный вклад в улучшение советско-американских отношений и всего международного климата. В этом смысле символичным был ответ командиров кораблей «Союз» и «Аполлон» во время первой международной бортовой пресс-конференции на вопрос о значении совместной миссии кораблей в космосе. А. А. Леонов и Т. Стаффорд взяли государственные флаги СССР и США и «состыковали» их.

Народы всего мира видят в совместном космическом полете факт реального смягчения международной напряженности, в рядку которой огромный вклад вносит Советский Союз. В своем послании президенту Соединенных Штатов Америки Дж. Форду в связи с успешным завершением программы ЭПАС Л. И. Брежнев сказал: «Будучи важной вехой в сотрудничестве между СССР и США в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях, проведенный совместный полет закладывает фундамент для возможных последующих работ в этой области.

Успех этого выдающегося эксперимента был обеспечен без-

упречным выполнением советским и американским экипажами сложной программы полета, явился результатом тесного и четкого взаимодействия наших стран на всех этапах его подготовки и осуществления. Проведенный эксперимент представляет собой большое научно-техническое достижение, открывающее новые пути для дальнейшего освоения космоса на благо всего человечества.

Полет кораблей «Союз» и «Аполлон» имеет историческое значение как символ происходящего процесса разрядки международной напряженности и улучшения советско-американских отношений на базе принципов мирного сосуществования. В то же время он представляет собой практический вклад в дело дальнейшего развития взаимно выгодного сотрудничества между СССР и США в интересах народов обеих стран, в интересах мира на Земле.

Высокую оценку полету дал и президент США Дж. Форд в своем послании Генеральному секретарю ЦК КПСС товарищу Л. И. Брежневу:

«Я пристально следил за ходом полетов «Аполлона» и «Союза». Успешная стыковка обоих космических кораблей и научная работа, проведенная экипажами в период, когда корабли находились в состыкованном состоянии, явились кульминационным моментом нескольких лет напряженной работы и сотрудничества целеустремленных людей в наших обеих странах. Этим полетом вписана новая волнующая глава в историю исследования космоса человеком. Это доказательство того, что сотрудничество в космосе, включающее усилия и вклад более одной страны, является не только осуществимым, но и желательным. Я уверен, что примеру экипажей «Аполлона» и «Союза» последуют другие и в результате будет внесен еще больший вклад в дело научного познания и лучшего международного взаимопонимания.

В равной степени я уверен, что полет «Аполлон—Союз» — это лишь первый шаг в продолжающемся американо-советском сотрудничестве в освоении космоса человеком».

Генеральный секретарь ООН К. Вальдхайм назвал стыковку космических кораблей СССР и США важной вехой в истории человечества. «Это достижение, — отметил К. Вальдхайм, — стало возможным благодаря тесному сотрудничеству между СССР и США в подготовке и организации полета космических кораблей «Союз» и «Аполлон». Оно служит примером содружества, которое может быть достигнуто по пути осуществления самых великих свершений нашего времени».

Печать, радио и телевидение в различных странах мира уделяли большое внимание советско-американскому эксперименту: «Выдающийся эксперимент», «Полный успех советско-американской космической миссии», «Историческое рукопожатие на орбите», «Планта восхищена», «Вдохновляющий пример сотрудничества», «Успех космической эпопеи», «На благо человечества», «Во имя мира и прогресса», — под такими заголовками сообщали об итогах полета кораблей «Союз» и «Аполлон» комментаторы радио и телевидения, корреспонденты газет на всех континентах.

И нельзя здесь не вспомнить слова основоположника космонавтики К. Э. Циолковского об освоении человеком космического пространства: «Человечество обретает всемирный океан, дарованный ему как бы нарочно для того, чтобы связать людей в одно целое, в одну семью...»

Сейчас весь мир стал свидетелем того, как освоение космоса

В самом начале формирования программы ЭПАС были определены следующие научно-технические задачи. Основной задачей совместного экспериментального полета являлась проверка технических требований и принятых решений по совместимости средств сближения и стыковки пилотируемых космических кораблей, включая: 1) испытания элементов совместимой системы сближения на орбите; 2) испытания андрогинных стыковочных агрегатов; 3) проверку техники взаимного перехода космонавтов и астронавтов из корабля в корабль; а также 4) выполнение определенных совместных действий советского и американского экипажей в состыкованном положении кораблей; 5) накопление опыта в проведении совместных полетов космических кораблей СССР и США, включая, в случае необходимости, оказание помощи в аварийных ситуациях.

Ученые, инженеры, конструкторы, испытатели, персонал центров управления и экипажи советского и американского кораблей выполнили все поставленные задачи. Были решены сложные технические и просто человеческие проблемы и доказано, что искреннее стремление к сотрудничеству способно преодолеть любые преграды.

Поначалу, конечно, шла естественная притирка, не ясно было, сможем ли мы достаточно хорошо понимать друг друга и говорить на общем языке. Но уже на первых встречах "лед" был сломан, работа пошла в атмосфере взаимопонимания.

Мы всегда искали обоюдоприемлемые решения, какими бы сложными ни были ситуации. За стремительно короткий срок с момента подписания соглашения состоялось много встреч специалистов СССР и США, проведены разнообразные совместные испытания и тренировки, в ходе их решен широкий круг технических и организационных вопросов. Это обеспечило подготовку и осуществление полета кораблей в заданный срок и выполнение полностью всей программы.

В ходе полета проверены и подтверждены правильность технических решений по обеспечению совместимости средств сближения и стыковки будущих пилотируемых космических кораблей и станций, а также обоснованность выбора принципов взаимодействия наземных служб СССР и США при управлении полетом из двух центров, расположенных на разных континентах. В полете безупречно работали как радиотехническая, так и

оптическая системы сближения кораблей. Мероприятия, проведенные на корабле "Союз" для обеспечения совместимости в процессе сближения, полностью себя оправдали (установка радиоприемоответчика, оптических мишеней, импульсных маяков).

Вновь разработанные в СССР и в США стыковочные агрегаты андрогинно-периферийного типа, с помощью которых успешно были осуществлены как штатная, так и "тестовая" стыковки, работали во всех режимах безотказно и выдержали экзамен на отлично" оправдав все возложенные на них надежды советских и американских конструкторов.

В условиях космического полета проверены технические решения по совместимости комплекса систем обеспечения жизнедеятельности и техники перехода из одного корабля в другой с разными атмосферами. Создание специального стыковочного отсека, насыщение кислородом, понижение давления атмосферы в "Союзе" до 520 мм рт. ст. и другие мероприятия надежно обеспечили осуществление взаимного перехода из корабля в корабль и совместную работу экипажей. Не было замечено каких-либо отрицательных влияний на их здоровье и работоспособность.

Успешно выполнены запланированные совместные и односторонние научные эксперименты, радио— и телевизионные репортажи с орбиты, бортовые, кино— и фотосъемки.

Выполненные во время полета астрофизические, биологические и технологические эксперименты позволили получить новые знания об окружающем нас космическом пространстве, проверить оригинальный метод исследования солнечной короны — "искусственное солнечное затмение", и накопить некоторый опыт осуществления технологических процессов получения сплавов в космическом пространстве в условиях невесомости.

Всего во время полета было проведено пять совместных экспериментов. Эксперимент "искусственное солнечное затмение" состоял в том, что "Союз" производил фотографирование солнечной короны, в то время как "Аполлон", находясь на линии визирования на Солнце, обеспечивал для "Союза" "солнечное затмение". Фотометрическая обработка снимков, полученных при этом эксперименте, позволяла исследовать те области короны Солнца, которые являются практически недостижимыми для изучения другими методами.

Эксперимент "универсальная печь" преследовал цель изучения влияния гравитации и конвекции на процесс затвердевания металлов и последующего использования полученных данных для разработки технологии получения особых структур материалов в условиях невесомости. Эксперименту подвергались различные системы материалов; алюминий и вольфрам — для исследования процесса получения материала из компонентов с разными удельными весами; германий и кремний — для определения возможности получения монокристаллов полупроводников; порошок алюминий — для исследования процесса кристаллизации порошковых материалов. Образцы этих материалов помещались в "универсальную печь", где подвергались нагреванию до различных температур (от 700 до 1050°C), Полученные результаты представляют большой интерес.

В эксперименте "ультрафиолетовое поглощение", проведенном после второй расстыковки, измерялась концентрация атомарного кислорода и атомарного азота в атмосфере методом абсорбционной спектроскопии в ультрафиолетовой части спектра. Эксперимент заключался в том, что из источника, установленного на "Аполлоне", посылался сигнал на частотах атомарного кислорода и азота на один из трех уголкового отражателей, установленных на "Союзе", и после отражения возвращался на спектрометр "Аполлона", и при этом проводились соответствующие измерения.

Советские и американские биологи получили интересный материал в экспериментах "микробный обмен" и "зонообразующие грибки". Первый эксперимент является одной из попыток оценить характер и условия обмена микроорганизмами между членами экипажей разных кораблей. Этот вопрос становится актуальным для дальнейших совместных полетов кораблей и станций разных стран.

Полученные материалы являются вкладом в решение задач профилактики заболеваний членов экипажей космических кораблей.

С большим интересом советскими и американскими учеными изучаются результаты второго биологического эксперимента, поставленного с целью изучения влияния совокупности факторов космического полета (невесомости, перегрузок, космического излучения) на основные биологические ритмы живых существ.

Для этого каждый корабль взял в космос из своей страны по два полетных образца грибковой культуры, изучение развития которых

позволяет получить информацию о влиянии факторов космического полета.

Кроме перечисленных совместных научных экспериментов, на кораблях "Союз" и "Аполлон" были выполнены автономные эксперименты в соответствии с собственными программами.

Большое значение для успешной реализации программы ЭПАС была тщательная наземная и летная обработка всех систем и оборудования кораблей, особенно полет корабля "Союз-16", пилотируемого космонавтами А. В. Филипченко и Н. Н. Рукавишниковым, "Союз-16" — родной "брат" корабля "Союза-19", поэтому экспериментальный полет А. В. Филипченко и Н. Н. Рукавишникова явился генеральной репетицией, при которой была окончательно проверена готовность корабля "Союз" со всем оборудованием, приспособленным для совместного полета с кораблем "Аполлон".

На всех этапах все участники работы по программе ЭПАС трудились с большим энтузиазмом, понимая особое политическое и научно-техническое значение этой первой большой международной космической программы.

Технический персонал космодрома, стартовая команда в нестерпимый зной отлично подготовили комплекс к старту и обеспечили нормальное выведение "Союза-19" на орбиту. Экипажи космических кораблей "Союз" и "Аполлон" — А. А. Леонов, В. Н. Кубасов, Т. Стаффорд, В. Бранд, Д. Слейтон — заслуживают самой высокой похвалы, В полете они проявили мужество и мастерство, отличное взаимодействие и взаимопонимание. Задания выполнялись согласованно и четко, в дружеской атмосфере.

Хорошо взаимодействовали специалисты центров управления, между которыми по пятнадцати каналам постоянно поддерживалась прямая телефонная, телеграфная и телевизионная связь. Для переговоров с экипажами "Союза-19" и "Аполлона" и измерения параметров орбиты использовались станции слежения СССР и США. Был получен ценный опыт взаимодействия двух центров управления полетом, расположенных на разных континентах, и подтверждена правильность технических и организационных мероприятий, разработанных советскими и американскими специалистами по обеспечению совместного управления полетом и космическими кораблями разных стран. Системный комплексный подход к решению организационных и технических задач, четкое

планирование совместной деятельности и строгий контроль выполнения планов, удобная система документации и высокая культура ее оформления и ведения, строгое разделение полномочий и ответственности на всех уровнях организационной структуры и при рассмотрении любых вопросов — все это в немалой степени определило успех.

Говоря об успешном завершении программы ЭПАС, необходимо отметить, что без огромного внимания и помощи, которую оказывали нам в подготовке и осуществлении полета руководители Советского Союза, Академии наук СССР, успех был бы немислим. Большую роль сыграл в достижении соглашения о совместных работах по этой программе, а также оказал постоянную и действенную поддержку этим работам бывший в то время президентом Академии наук СССР академик М. В. Келдыш, а также вице-президент, а позднее и. о. президента АН СССР академик В. А. Котельников и председатель Совета "Интеркосмос" при АН СССР академик Б. Н. Петров.

Со стороны американских руководителей к работам по программе ЭПАС был проявлен большой интерес и оказано много внимания. Это относится прежде всего к директору НАСА США доктору Ф. Флетчеру, его заместителю доктору Дж. Лоу, а также руководителю Хьюстонского центра пилотируемых полетов доктору К. Крафту.

В результате совместной работы по программе ЭПАС был накоплен опыт сотрудничества и найдены организационные формы, которые закладывают хорошие основы для дальнейшего развития деловых контактов между советскими и американскими специалистами в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях, в интересах развития мировой науки. Мероприятия по обеспечению совместимости кораблей "Союз" и "Аполлон", а также оборудование, разработанное для этого советскими и американскими специалистами, которое было успешно испытано при совместном полете кораблей "Союз" и "Аполлон", могут быть приняты за основу при осуществлении будущих совместных полетов кораблей и станций различных стран с целью совместного исследования и освоения космического пространства, а также с целью оказания взаимной помощи в космосе в случае аварии.

Константин Давыдович Бушуев

ПОДГОТОВКА И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ ЭПАС

Редактор Е. Ю. Ермаков

Обложка А. Н. Савелова

Худож. редактор В. Н. Конюхов

Техн. редактор Т. Ф. Айдарханова

Корректор А. А. Пузакова

А 03337. Индекс заказа 64210. Сдано в набор 19/VII-76 г.

Подписано к печати 17/IX-76 г. Формат бумаги 84X1081/32. Бумага типографская №2. Бум. л. 1,0. Печ. л. 2,0. Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,50. Тираж 119070 экз. Издательство "Знание". 101835, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Заказ 1304. Типография Всесоюзного общества "Знание". Москва Центр, Новая пл., д 3/4. Цена 11 коп.

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Брошюры серии "Космонавтика, астрономия" издательства "Знание" посвящены проблемам изучения и освоения космоса, создания и запусков космических кораблей и автоматических станций, успехам астрономии и астрофизики, в розничную продажу они не поступают и распространяются в основном по подписке (индекс Союзпечати — 70101).

В 1977 году подписчики получают 12 номеров. Среди них:

С. П. Королев (70 лет со дня рождения). Сборник.

12 января 1977 года исполняется 70 лет со дня рождения выдающегося ученого нашей страны, основоположника практической космонавтики академика Сергея Павловича Королева. В статьях, помещенных в этом сборнике, рассказывается о жизни и деятельности прославленного конструктора, об истории создания первых искусственных спутников Земли и космических кораблей.

Иосифьян А. Г. Электромеханика в космосе

Брошюра посвящена одной из актуальных проблем современной космической техники — использованию электромеханических систем в космических исследованиях. Подобные системы,





созданные советскими конструкторами, позволили успешно осуществить ряд выдающихся космических экспериментов — таких, как мягкая посадка автоматических станций на поверхности Луны, Марса и Венеры, работу на Луне самоходных аппаратов ("Луноходов"), а также эксперимент по взятию лунного грунта и доставки его на Землю.

Галкин И. Н., Шварев В. В. Строение Луны

Полеты космонавтов к Луне и изучение ее с помощью космических аппаратов дали огромный экспериментальный материал, касающийся свойств нашей ближайшей соседки по космосу. В брошюре рассказывается о достижениях, полученных в последние десятилетия и потребовавших пересмотреть вопросы внутреннего строения Луны, а также состава и механических свойств вещества лунной поверхности.

Дибай Э. А. Нестационарные явления в галактиках

Последние десятилетия ознаменовались выдающимся достижением в области внегалактической астрономии — открытием активности ядер галактик и квазаров. В брошюре излагаются наблюдательные и теоретические аспекты изучения нестационарных астрофизических процессов, ответственных за явление активности галактик, а также освещаются вопросы происхождения и эволюции этих внегалактических объектов.

Новиков И. Д. "Черные дыры" во Вселенной

Брошюра посвящена необычному классу астрономических объектов — "черным дырам", предсказанным теорией относительности. В ней популярно рассказывается о свойствах этих объектов, а также о возможностях обнаружения их с помощью современной наблюдательной техники.

Современные проблемы астрофизики. Сборник

В сборник включены статьи известных зарубежных ученых, посвященные последним открытиям новых астрофизических явлений и астрономических объектов. Изложена теоретическая

интерпретация этих явлений и перечислены проблемы, стоящие перед астрофизикой.

20 лет космической эры. Сборник

Брошюра посвящена 20-летию выдающегося события в истории человечества — запуску 4 октября 1957 года в Советском Союзе первого в мире искусственного спутника Земли. В нее вошли статьи, написанные крупнейшими специалистами в области космонавтики, в которых рассказывается об основных направлениях и перспективах развития космонавтики в нашей стране.