

ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО



РОСКОСМОС

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ



КОСМОНАВТИКА И РАКЕТОСТРОЕНИЕ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ СЕРИИ:

Председатель совета **А.Г. Мильковский**

Члены совета:

А.Ю. Данилюк (заместитель председателя совета)
Н.А. Анфимов (заместитель председателя совета)
Н.Г. Паничкин (заместитель председателя совета)

Г.В. Астахов
Ю.П. Балыко
Д.Л. Быков
А.В. Головкин
Ф.Ф. Дедус
Н.И. Казновский
Г.Ф. Карабаджак
С.Н. Карутин
О.П. Клишев
С.К. Крикалев
И.А. Крохин
Ю.М. Липницкий
А.И. Лиходел
М.М. Матюшин
О.П. Скоробогатов
Ю.Н. Смагин
А.П. Харченко

УДК 533.629.7

ББК 39.6г, 39.62, 39.68

П 32

Авторский коллектив:

Мильковский А., Данилюк А., Крикалев С., Матюшин М.,
Белявский А., Васильев Л., Лобачев В., Талаласов С.,
Титов А., Точило В.

Пилотируемая космонавтика России. / Под общей ред. А. Г. Мильковского. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. — 252 с. — ISBN 978-5-9221-1636-7.

В монографии представлены материалы, характеризующие процесс зарождения идеи космического полета, изложены организационные основы и исторические условия перехода к пилотируемым полетам в космос. Прослежена роль коллективов научно-исследовательских организаций, конструкторских бюро в разработке и осуществлении программ пилотируемых полетов.

Описаны пилотируемые корабли и орбитальные комплексы особенности их создания, модернизации и эксплуатации, проводимые на их борту научно-прикладные исследования и эксперименты.

Отдельно рассматриваются проекты перспективных программ в области пилотируемой космонавтики. При подготовке аналитических разделов использованы материалы из открытых источников.

Для широкого круга читателей.

ISBN 978-5-9221-1636-7

© ФИЗМАТЛИТ, 2015

© Коллектив авторов, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. Мотивация возникновения и осуществления идеи космического полета. От теоретического обоснования к технической реализации	7
Глава 2. Первый пилотируемый корабль «Восток»	13
2.1. Проекты пилотируемого корабля	13
2.2. Пуски беспилотных кораблей серии 1К	15
2.3. Первый полет человека в космос	16
Глава 3. Корабли серии «Восток» (1961–1963 гг.)	18
3.1. «Восток-2»: сутки в полете	18
3.2. «Восток-3/4»: первый групповой полет	18
3.3. «Восток-5/6»: «Ястреб» и «Чайка»	19
Глава 4. Корабли «Восход» (1964–1965 гг.)	20
4.1. Из одноместного в трехместный	20
4.2. Полеты кораблей «Восход-ЗКВ»	20
4.3. Полеты кораблей «Восход-ЗКД»	21
Глава 5. Корабли серии «Союз» (1967–1981 гг.)	22
5.1. Проект «Союз»: как все начиналось	22
5.2. Летные испытания	25
5.3. Методом проб и ошибок	27
5.4. Транспортный космический корабль «Союз Т» (1980–1986 гг.)	31
5.5. Транспортные космические корабли серии «Союз ТМ» (1987–2002 гг.)	35
5.6. Пилотируемый корабль «Союз ТМА» (2002–2010 гг.)	36
5.7. Транспортный пилотируемый корабль «Союз ТМА-М» (2010 г.)	41
Литература	43
Глава 6. Первые орбитальные станции «Салют»	44
Глава 7. Орбитальная станция «Мир» (1986–2001 гг.)	64
7.1. Состав и конфигурация орбитальной станции «Мир»	64
7.2. Управление полетом станции	71
7.3. Полеты космонавтов и астронавтов на станцию «Мир»	72
7.4. О наиболее продолжительных космических полетах человека на станцию «Мир»	73
7.5. Выходы в открытый космос	74

7.6. Полеты космических аппаратов к станции «Мир»	75
7.7. Основные научные достижения	75
7.8. О значении полета станции «Мир» для строительства МКС . . .	76
Глава 8. Международная космическая станция	77
Глава 9. Транспортные корабли снабжения орбитальных станций	85
9.1. Транспортный корабль снабжения (ТКС)	85
9.2. Конструкция корабля	86
9.3. Использование ТКС в последующих проектах исследования космического пространства	91
9.4. Грузовые корабли серии «Прогресс»	92
9.5. Разработка грузового корабля серии «Прогресс»	92
9.6. Грузовые корабли «Прогресс М»	93
9.7. Основные данные по грузовым кораблям «Прогресс», «Прогресс М», «Прогресс М1», «Прогресс М-01М»	94
9.8. Возвращаемая баллистическая капсула в составе КК «Прогресс М»	94
9.9. Проведение экспериментов на грузовых кораблях серии «Прогресс»	97
Глава 10. Международное сотрудничество в космосе — от ЭПАС до МКС	105
10.1. Экспериментальный проект «Союз–Аполлон»	106
10.2. Программа «Интеркосмос»	117
10.3. Космические полеты по межправительственным соглашениям . .	130
10.4. Программы «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA» — первый этап создания МКС	132
Литература	141
Глава 11. Научно-прикладные исследования с участием космонавтов	145
11.1. Перспективные пилотируемые орбитальные станции	166
Глава 12. Отечественный наземный комплекс управления пилотируемыми КА	173
12.1. Создание и развитие наземного комплекса управления пилотируемыми КА	173
12.2. Современное состояние и возможности наземного комплекса управления пилотируемыми КА	176
Глава 13. Центр управления полетами — основной элемент контура управления космическими объектами	181
13.1. Бортовой комплекс управления, наземный комплекс управления, Центр управления полетами	181
13.2. Структурные элементы Центра управления полетами	186
13.3. Задачи, возлагаемые на Центр управления полетами	189
13.4. Организационная структура управления полетами российских пилотируемых и автоматических космических аппаратов	193
13.5. Международное сотрудничество при управлении КА	195
Глава 14. Научно-прикладные исследования с участием космонавтов	198
14.1. Роль НИИ, КБ и предприятий ракетно-космической отрасли в развитии пилотируемой космонавтики	198

Глава 15. Роль ЦНИИмаш в развитии пилотируемой космонавтики	221
15.1. Роль НИИ-88/ЦНИИмаш в планировании пилотируемой космонавтики, в испытаниях по прочности, аэрогазодинамике, тепловых испытаниях и обеспечении управления полетом космических аппаратов	221
Глава 16. Пилотируемая космонавтика — проекты ближней и дальней перспективы	227
16.1. Российские околоземные пилотируемые программы	227
16.2. Коммерческие околоземные пилотируемые программы	239
16.3. Концепция пилотируемой лунной программы	245
16.4. Концепция пилотируемой марсианской программы	247
Литература	249

ПРЕДИСЛОВИЕ

Все события, связанные с ракетной техникой докосмической эпохи, а вслед за этим и начала космической эры, неумолимо подвели к полету человека в космос. Размышления философов и теоретиков ракетного полета на Востоке и Западе, пробные шаги энтузиастов-ракетчиков неизменно имели конечной целью своих трудов отправку человека за пределы земной атмосферы. Полет человека в космос во все времена и для всех народов символизировал победу человеческого разума над законами природы, державшей в цепких объятиях земного тяготения человеческую силу воли и мысль.

Глава 1

МОТИВАЦИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИДЕИ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА. ОТ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

Пилотируемые полеты стали важнейшим инструментом космической деятельности. В этой области Россия — наследница в космической деятельности Советского Союза — имеет огромный научно-технический багаж, которым спустя десятилетия располагают теперь и другие страны мира.

Развитие пилотируемых полетов в СССР проходило поэтапно с учетом достигнутых научно-технических результатов и появления новых научных, народно-хозяйственных и технических задач. От первых пилотируемых кораблей «Восток», «Восход», «Союз», орбитальных станций «Салют-1»–«Салют-7» к многоцелевому пилотируемому космическому комплексу «Мир» и, наконец, к Международной космической станции. Таков путь, пройденный нашей пилотируемой космонавтикой.

Каковы причины, побудившие человека совершать полеты в космос? С какой целью человечество приступило к освоению космического пространства?

Ответом на эти вопросы могли бы стать насущные земные проблемы, с которыми столкнулись земляне в последние столетия, в том числе связанные с ростом народонаселения и ограниченностью ресурсов, необходимых для поддержания жизнедеятельности.

Люди стали задумываться о возможности использования окружающего Землю космического пространства для расширения сферы своей жизнедеятельности, поиска новых источников энергии, пищи, колонизации планет и их использования в качестве резервных территорий для своего расселения. К.Э. Циолковский писал, что «планета есть колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели...». Эти и другие схожие жизненные потребности побудили людей, используя накопленные человечеством технические знания и опыт, обогащенные трудами философов и теоретиков ракетного полета, взяться за практическое

применение идеи выхода за пределы земной атмосферы, создать технические средства и разработать технологии для прорыва во Вселенную.

С первым полетом Ю. А. Гагарина в 1961 г. началось освоение космического пространства как возможной среды обитания и освоения ресурсов космоса. В начале 70-х гг. прошлого столетия создание долговременных орбитальных станций определило генеральную



Рис. 1.1. Ю. А. Гагарин — первый космонавт планеты

линию развития отечественных средств ракетной и космической техники на конец XX и первую треть XXI столетия.

В современных условиях определение путей развития космической деятельности является немаловажным с учетом социально-экономического состояния мирового сообщества, существенны роль и место разрабатываемых национальных программ по изучению и освоению космического пространства в контексте общемировой космической деятельности. Такие страны, как Россия, США, КНР, Индия, Франция, Япония и ряд других, заняты в настоящее время обобщением и анализом мотивации деятельности человечества по углубленному дальнейшему изучению и освоению космического простран-

ства, уточнением целей освоения космического пространства для обеспечения устойчивого развития человеческой цивилизации в долгосрочной перспективе.

Ведущие космические державы и межгосударственные объединения — США, Евросоюз, Китай, Индия, Япония уже имеют или разрабатывают долгосрочные программы изучения и освоения космического пространства. Для России в настоящее время характерна деятельность, связанная с определением места и ее роли в перспективной космической деятельности. В этой связи применяется системный подход, учитывающий множество факторов экономического, социально-политического, научно-технического характера как внутри страны, так и за рубежом.

Космическая деятельность относится к сравнительно молодой, но интенсивно развивающейся сфере деятельности человечества, поскольку ее результаты все в большей степени используются для целей

социально-экономического развития и обеспечения обороноспособности государств. Отмечается рост активности государств в области космической деятельности и приобщение все большего числа государств к космическому сообществу. Это становится устойчивой мировой тенденцией. В этот космический марафон включились уже более 130 стран.

Общепризнан решающий вклад нашей страны в мировую пилотируемую космонавтику. Имя Юрия Гагарина, первого из землян 12 апреля 1961 г. шагнувшего в космос, стало в тот же день известно всему миру. С годами значение этого полета, подготовленного советскими учеными и инженерами, трудящимися нашей страны, не меркнет, а становится все более значимым. Полет Гагарина стал исходной точкой для продвижения всего человечества в деле изучения космоса. Человечество приступило к освоению новой для себя среды — безвоздушного пространства Вселенной.

Стремление человека к освоению космического пространства определяется его мотивацией. В основе мотивации космического пилотируемого полета лежит потребность в получении новых знаний и освоении ближнего и дальнего космоса. Кроме того:

- глобальные причины, например, потребность расселения человека во Вселенной, парирование астероидно-кометной опасности;
- фундаментальные научные результаты;
- прикладные научно-технические результаты (планируемые или прогнозируемые, прямые или косвенные, явные или неявные);
- стремление человека познать новое, расширить границы своего обитания.

Одного стремления к освоению космического пространства недостаточно для освоения космического пространства. Основные необходимые условия для развития ракетно-космической промышленности сформировались у нас в стране уже в середине 40-х гг. прошлого века — ко времени окончания Великой Отечественной войны.

Но теория космонавтики в России развивалась уже с начала XX века. Ее основоположником был К. Э. Циолковский. Многие теоретические вопросы были разработаны Ф. А. Цандером и Ю. В. Кондратьевым. С первых послереволюционных лет велись экспериментальные работы по созданию ракетной техники.

Уже в 1931 г. в Москве, Ленинграде, Харькове, Тифлисе, Баку, Архангельске, Новочеркасске и других городах страны появляются группы по изучению реактивного движения, а в 1933 г. решением советского правительства был создан первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт.

В эти годы создаются и проходят испытания первые советские жидкостные ракеты, накапливается опыт их проектирования и изготовления, подготовки и осуществления пусков. Работы в этом направлении не прекращаются даже в тяжелые для нашей страны военные годы. Благодаря этому были созданы лучшие в мире системы залпового огня («Катюши») и авиационные ракетные снаряды, сыгравшие важную роль в обеспечении победы в войне.



Рис. 1.2. Основоположник космонавтики К. Э. Циолковский

Новые материалы по космонавтике в советской печати публиковались с 1944 г. И с каждым годом их становилось все больше. В 1947–1950 гг. была переиздана основная классическая ракетно-космическая литература, включая труды К. Э. Циолковского, Ф. А. Цандера, Ю. В. Кондратюка.

В марте 1946 г. Советскому Союзу была объявлена «холодная» война. В знаменитой речи Уинстон Черчилль провозгласил политику создания военно-политических блоков, направленных против СССР и соцстран. Это заставило руководство страны принять самые решительные меры по укреплению обороноспособности.

В тот период в стране еще не было ракетостроительных предприятий, кроме заводов, выпускающих пороховые снаряды и пусковые установки. Развитием ракетной техники занималось конструкторское бюро, где одна группа специалистов под руководством В. П. Глушко занималась разработкой жидкостных ракетных двигателей, а вторая под руководством С. П. Королева разрабатывала ракетные установки на основе этих ЖРД для использования их в качестве ускорителей на серийных боевых самолетах.

13 мая 1946 г. Совет Министров СССР принимает Постановление № 1017-419 о создании инфраструктуры ракетной промышленности. В стране был создан высший координирующий орган — Специальный комитет по ракетной технике при Совете Министров СССР под председательством Г. М. Маленкова. В ЦК ВКП(б) образован Оборонный отдел ЦК ВКП(б) во главе с И. Д. Сербиным. Тогда же при Госплане СМ СССР был создан отдел по ракетной технике. Этим Постановлением были определены министерства и ведомства, создание в них отдельных подразделений, занимающихся разработкой реактивного вооружения,

а также был определен головной Государственный союзный НИИ реактивного вооружения Министерства вооружения СССР — НИИ-88 с подчинением его 7 ГУ (с 1967 г. — ЦНИИмаш).

20 июня 1946 года М. В. Хруничев докладывает в записке И. В. Сталину о создании пилотируемой космической ракеты, «предназначенной для полета с двумя людьми и аппаратурой на высоту 100–150 километров» (орфография и стилистика сохранены). В записке делается вывод, что «полет ракеты технически возможен». В то же время отмечается, что спуск ракеты связан с большими техническими трудностями, так как не исследованы такие вопросы, как спуск герметической кабины без ракеты, работа различного рода автоматических устройств, управляющих полетом, отделение корпуса двигателя от ракеты в момент спуска.

27 декабря 1951 года на заседании президиума НТС и ученого совета НИИ-88 состоялся доклад С. П. Королева о результатах комплексных исследований перспектив развития баллистических ракет дальнего действия. К работам по этой теме были привлечены, кроме головного исполнителя, организации, ведущие исследования по двигателям, аэродинамике и устойчивости движения крылатых ракет, теории выбора проектных параметров и динамике полета, системам управления и общим исследованиям составной схемы «пакет».

В мае 1954 года С. П. Королев выходит с предложением об организации поисковых работ по созданию ИСЗ. В предложении отмечается, что «наиболее реальным и осуществимым в кратчайший срок является создание искусственного спутника Земли в виде автоматического прибора, который был бы снабжен научной аппаратурой, имел бы радиосвязь с Землей и обращался вокруг Земли на расстоянии порядка 170–1100 км от ее поверхности. Такой прибор С. П. Королев предложил называть простейшим спутником.

Уже 30 января 1956 года выходит Постановление Совета Министров СССР «О создании объекта “Д”». Так был назван искусственный спутник Земли весом 1000–1400 кг с аппаратурой для научных исследований весом 200–300 кг. Сроком первого пробного объекта «Д» устанавливается 1957 г.



Рис. 1.3. С. П. Королев

20 апреля 1956 г. на Всесоюзной конференции по ракетным исследованиям верхних слоев атмосферы был представлен М. К. Тихонравовым доклад «Полеты человека на ракетах как путь к осуществлению пилотируемого ИСЗ». В докладе отмечается, что основным является разработка методов безопасного спуска человека со спутника на Землю при скорости входа в атмосферу порядка 7–8 км/с.

В октябре 1956 г. в ОКБ-1 в представленном плане «Ближайшие задачи по изучению космоса» ставится в качестве ближайшей задача проведения экспериментальных полетов на ракете Р-5А с целью отработки аппарата для баллистического спуска человека.

И этот документ выходит за год до пуска первого ИСЗ.

Глава 2

ПЕРВЫЙ ПИЛОТИРУЕМЫЙ КОРАБЛЬ «ВОСТОК»

2.1. Проекты пилотируемого корабля

Весной 1957 г. в ОКБ-1 был организован проектный отдел 9 (космических аппаратов), начальником которого назначили М. К. Тихонравова. В апреле того же 1957 г. отдел подготовил план предстоящих проектных исследований по созданию пилотируемого корабля-спутника, автоматических аппаратов для изучения космоса и межконтинентальной баллистической ракеты Р-7. К этому времени уже был создан значительный теоретический и практический задел, который позволил ускорить эти работы: выпущена проектно-конструкторская документация и проведена экспериментальная отработка первых ИСЗ (ПС-1, ПС-2, объект 1); накоплен опыт по разработке головных частей; завершена отработка их отделения от ракеты и входа в плотные слои атмосферы; уточнены методики расчета тепловых потоков, воздействующих на головные части при входе их с гиперзвуковой скоростью в плотные слои атмосферы. По данным проектных проработок, выводимую на орбиту массу полезного груза ракетой-носителем Р-7 при введении в ее состав третьей ступени можно было увеличить до 5 т. Основные проблемы были связаны с возвращением космонавта на Землю: нагрев спускаемого аппарата и перегрузки при торможении в атмосфере.

Еще в конце 1957 г. исследования показали, что оптимальная форма СА — тупой конус (со скругленным носом и сферическим днищем) диаметром 2 м. Благодаря возможности слегка планировать, конусный СА позволил бы снизить перегрузку во время спуска до 5–6 g (вместо 10–12 g), получить более высокую точность при посадке. Спасение пилота предусматривалось путем катапультирования и автономного спуска на парашюте, а сам СА должен приземляться на собственном парашюте. До эскизного проекта эта идея не дошла. В апреле 1958 г. стало известно, что перегрузка 10 g вполне переносима для пилота. Поэтому мудрить с аэродинамическими расчетами конусного СА не стали, а согласились на уже изученную сферу со спуском по баллистической траектории. Для сферы были изучены все динамические характеристики на всех скоростях.

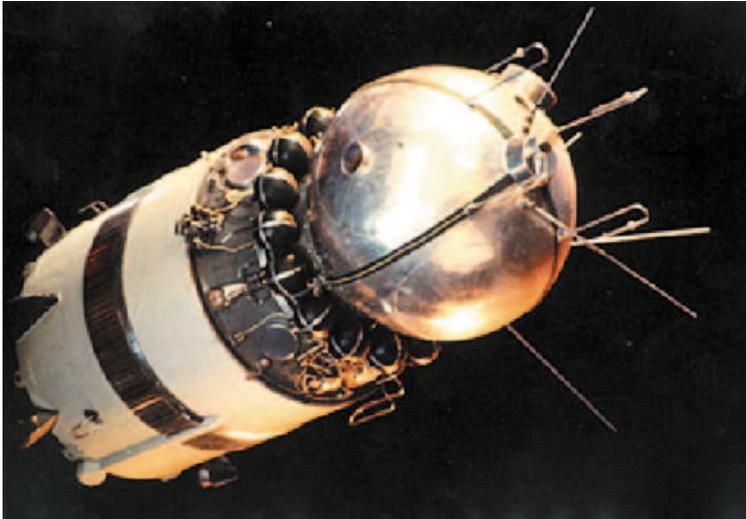


Рис. 2.1. КК «Восток»

В июне 1958 г. С. П. Королев одобрил предварительные результаты, а 15 августа они были зафиксированы в отчете и утверждены Главным конструктором 15 сентября 1958 г. А уже на следующий день С. П. Королев направил предложение о создании пилотируемого корабля руководителю Государственного комитета Совмина СССР по оборонной технике К. Н. Рудневу и заказчику — маршалу М. И. Неделину.

Не дожидаясь официального одобрения проекта, в ОКБ-1 сразу начали разработку конструкторской документации и выдали техническое задание в смежные организации.

Работа по созданию первого в мире спутника для полета человека была официально узаконена совершенно секретным Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 22 мая 1959 г. № 569-264 по теме «Восток». В нем были утверждены и основные исполнители:

- ОКБ-1 (Головной исполнитель по кораблю) — конструкция корабля, система ориентации, система управления на участке работы ТДУ, система терморегулирования, система аварийного спасения, сборка и комплексные испытания на заводе и технические позиции;
- ОКБ-2 (А. М. Исаев) — тормозная двигательная установка;
- НИИ-88 (Г. А. Тюлин) — автономная система регистрации «Мир-2»;
- ЦКБ-598 (Н. Г. Виноградов) — оптический ориентатор «Взор» и фотоэлектрический датчик системы солнечной ориентации «Гриф»;

- завод 918 (С. М. Алексеев) — скафандр с системой вентиляции и кислородного питания, кресло, НАЗ, АСУ, манекен для беспилотного корабля;
- ЛИИ (Н. С. Строев) — пульт управления;
- ОКБ-124 (Г. И. Воронин) — система регенерации воздуха;
- НИИ-137 (В. А. Костров) — система аварийного подрыва (для беспилотных КА);
- НИИ-695 (Л. И. Гусев) — радиотелеметрическая линия «Заря»;
- НИИ-648 (А. С. Мнацаканян) — командная радиолиния;
- ВНИИТ (Н. С. Лидоренко) — источники тока;
- ОКБ МЭИ (А. Ф. Богомолов) — радиотелеметрическая система «Трал-П1», система радиоконтроля орбиты «Рубин»;
- НИИ-380 (И. А. Росселевич) — телевизионная система «Топаз»;
- НИЭИ ПДС (Ф. Д. Ткачев) — парашютная система СА.

Всего в создании только корабля-спутника участвовало 123 организации, включая 36 заводов.

2.2. Пуски беспилотных кораблей серии 1К

Постановлением Правительства от 4 июня 1960 г. № 587-238 «О плане освоения космического пространства на 1960 г. и первую половину 1961 г.» устанавливались сроки запусков кораблей:

- май 1960 г. — два корабля 1 КП без системы жизнеобеспечения СЖО и теплозащиты;
- до августа 1960 г. — три корабля 1К для отработки систем корабля;
- сентябрь–декабрь — два корабля 3К для отработки СЖО.

Это постановление показывает, как тщательно и скрупулезно ОКБ-1 подходило к летным испытаниям первого пилотируемого корабля ЗКА № 1. Первый пуск по этому постановлению был произведен 15 мая 1960 г. В целом программа была выполнена успешно, только тормозной импульс прошел не на торможение, а на ускорение. Виновником был датчик инфракрасной вертикали в системе управления корабля, отказ которого не удалось вовремя распознать. Первый полет простейшего корабля 1КП был признан успешным, чтобы не запускать второй такой аппарат.

28 июля 1960 г. была предпринята попытка запуска второго космического корабля-спутника. Это был уже полностью оснащенный корабль (1К).

В катапультируемом контейнере, расположенном вместо кресла космонавтов, располагались собаки Лисичка и Чайка. Из-за взрыва камеры сгорания двигателя одной из «боковушек» ракеты на 38-й секунде

произошла авария ракеты. Собаки Лисичка и Чайка погибли. Никакого сообщения об этом пуске опубликовано не было.

19 августа 1960 г. был успешно запущен третий космический корабль-спутник (1К № 2) с собаками Белкой и Стрелкой. Полет проходил нормально. В расчетное время включился ТДУ, корабль сошел с орбиты, и его СА успешно приземлился в заданном районе. Собаки Белка и Стрелка после полета и приземления чувствовали себя хорошо. Впервые в истории человечества живые существа, совершив космический полет, благополучно возвратились на Землю.

1 декабря 1960 г. был запущен четвертый корабль (1К № 5). Программа его орбитального полета выполнена, однако, из-за отказа в системе управления работой ТДУ, спуск произошел в нерасчетном районе и СА пришлось подорвать. На его борту находились собаки Пчелка и Мушка.

22 декабря 1960 г. был проведен последний запуск космического корабля серии 1К (№ 6), но при выведении его на орбиту произошла авария ракеты (разрушение газогенератора ДУ блока Е на 425-й секунде полета). СА корабля аварийно отделился и нормально приземлился, совершив суборбитальный полет. На его борту находились собаки Комета и Шутка, которые остались в СА из-за отказа катапульты, и это спасло их в суровых зимних условиях (-40°C).

Первый запуск корабля ЗКА № 1 был проведен 9 марта 1961 г. Корабль был укомплектован всеми бортовыми системами, на его борту были собака Чернушка и манекен человека, которого в шутку разработчики называли «Иваном Ивановичем». Программа полета была выполнена, аппаратура работала безотказно. СА с собакой нормально приземлился. Манекен штатно катапультировался.

25 марта 1961 г. осуществлен запуск корабля ЗКА № 2 в той же комплектации с собакой Звездочкой. Программа полета корабля также была выполнена. СА с собакой приземлился нормально. Манекен штатно катапультировался.

Этот пуск завершил экспериментальную отработку пилотируемого космического корабля «Восток» (ЗКА) в летных условиях. Из 7 кораблей «Восток» (1К и ЗКА) два корабля не вышли на орбиту из-за аварий ракетоносителей на АУ и два корабля не полностью выполнили задание полета. Государственная комиссия под председательством К. Н. Руднева приняла решение о возможности полета человека в космос на корабле «Восток» (ЗКА).

2.3. Первый полет человека в космос

12 апреля 1961 г. в 9 ч 06 мин 59,7 с стартовал космический корабль ЗКА № 3 массой 4725 кг, получивший название в печати «Восток»,



Рис. 2.2. Ю. А. Гагарин в кабине корабля «Восток»

с летчиком-космонавтом Ю. А. Гагариным. Космический корабль был выведен ракетой-носителем 8К72 со стартовой массой 287 т на орбиту с перигеем 181 км и апогеем 327 км. Пуском первого в мире космического корабля руководил С. П. Королев. Полет первого космонавта продолжался 108 минут. Это было, безусловно, выдающимся достижением. Приземление космонавта произошло в 10 ч 55 мин на мягкую пашню у берега Волги вблизи деревни Смеловка Терновского района Саратовской области. Успешный полет первого космонавта показал, что человек может осваивать космическое пространство. Создатели космического корабля «Восток» заслуженно принимали поздравления.

Глава 3

КОРАБЛИ СЕРИИ «ВОСТОК» (1961–1963 ГГ.)

3.1. «Восток-2»: сутки в полете

6 августа 1961 г. был запущен корабль, получивший название «Восток-2» с летчиком-космонавтом Г. С. Титовым. Полет продолжался 25 часов. Орбитальный полет и спуск прошли нормально. На корабле «Восток-2» установили профессиональную кинокамеру «Конвас», доработанную для бортовых съемок. С помощью этой камеры была выполнена 10-минутная съемка Земли через иллюминатор корабля. Объекты съемок выбирал сам космонавт. Полученная высококачественная съемка широко демонстрировалась на телевизионном экране и в кинозалах, кадры из нее были опубликованы в центральной печати и вызвали широкий интерес общественности. В полете Титов дважды управлял кораблем вручную, он вел радиосвязь, ел и пил, спал и даже проспал сеанс связи. Суточный полет Г. С. Титова позволил сделать главный вывод: человек может жить и работать в космосе.

3.2. «Восток-3/4»: первый групповой полет

11 августа 1962 г. был запущен корабль «Восток-3» с летчиком-космонавтом А. Г. Николаевым, а 12 августа 1962 г. — корабль «Восток-4» с летчиком-космонавтом П. Р. Поповичем. Запуск двух ракетно-космических комплексов с одной стартовой площадки в течение двух суток потребовал очень четкой слаженной работы всех служб космодрома. Орбитальный полет и спуск кораблей «Восток-3» (94 часа полета) и «Восток-4» (71 час полета) прошли нормально. В ходе полета космонавты вели киносъемку поверхности Земли, программа которой основывалась на анализе изображений, полученных при полете корабля «Восток-2». Так, А. Г. Николаев снимал поверхность Земли, а П. Р. Попович — линию горизонта и зону терминатора. Кроме того, на борту были установлены кинокамеры для регистрации действий космонавтов во время полета. Полеты А. Г. Николаева и П. Р. Поповича еще раз подтвердили, что в космосе можно жить и работать.

3.3. «Восток-5/6»: «Ястреб» и «Чайка»

30 декабря 1961 г. президиум ЦК КПСС разрешил набрать в отряд космонавтов 5 женщин. 12 марта 1962 г. были призваны на срочную воинскую службу и зачислены в отряд Татьяна Кузнецова, Ирина Соловьева, Валентина Терешкова, Жанна Ёркина, Валентина Пономарева. Было принято решение о групповом полете: на первом корабле летит мужчина на 8 суток, на втором корабле женщина на 3 суток. Пуск был назначен на июнь. К этому времени наиболее готовы были В. Ф. Быковский и В. В. Терешкова.



Рис. 3.1. Валентина Терешкова перед стартом

14 июня 1963 г. стартовал «Восток-5» с летчиком-космонавтом В. Ф. Быковским на борту, а 16 июня 1963 г. — корабль «Восток-6» с первой женщиной-космонавтом В. В. Терешковой. В этом полете съемка велась не только на черно-белой, но и на цветной пленке. Отснятые изображения горизонта Земли были подвергнуты фотометрической обработке с целью получения качественных значений яркости вертикального профиля атмосферы.

Полет КА «Восток-5» стал рекордным по продолжительности на то время, а В. В. Терешкова стала первой женщиной, полетевшей в космос; и по сей день она остается единственной женщиной, совершившей космический полет в одиночку.

Глава 4

КОРАБЛИ «ВОСХОД»

(1964–1965 ГГ.)

4.1. Из одноместного в трехместный

После успешного завершения полетов кораблей «Восток-5» и «Восток-6» возник вопрос, что делать дальше. Продолжение полетов кораблей «Восток» не давало серьезных преимуществ перед США. Предполагалось несколько вариантов дальнейшего развития. Уже шел 1964 год, а утвержденной программы полетов «Восток» так и не было. И тут С. П. Королеву пришла идея: из одноместного корабля «Восток» сделать трехместный, получивший наименование «Восход».

Программа «Восход» была утверждена Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 13.04.1964 г. Документом предписывалось к четырем «Востокам», переделываемым в трехместные корабли, изготовить во второй половине 1964 г. и начале 1965 г. еще пять модернизированных кораблей для выхода в открытый космос. Трехместный корабль получил обозначение ЗКВ, а корабль с возможностью выхода в открытый космос — ЗКД. Пока шла разработка корабля и проводились испытания, Военно-воздушные силы провели отбор военных и гражданских специалистов и подготовили экипажи.

4.2. Полеты кораблей «Восход-ЗКВ»

6 октября 1964 г. для проверки всех нововведений был запущен беспилотный корабль ЗКВ («Космос-47»). Вывод на орбиту этого и всех последующих кораблей (в связи с увеличением их масс) осуществлялся ракетой-носителем 11А57, которая в своем составе вместо блока «Е» имела блок «И» ракетоносителя 8К78, что позволяло увеличить массу выводимого груза примерно на одну тонну.

12 октября 1964 г. был запущен трехместный пилотируемый корабль (ЗКВ), получивший название «Восход» с летчиком-космонавтом В. М. Комаровым, научным сотрудником — космонавтом К. П. Феоктистовым, врачом-космонавтом Б. Б. Егоровым. Полет продолжался 24 ч. Программа полета была выполнена. Самый рискованный совместный космический полет завершился успешно. В результате был испытан многоместный пилотируемый космический корабль, проверены работоспособность и взаимодействие в полете космонавтов-специалистов в разных областях науки и техники, проведены научные исследования

в условиях космического полета, продолжено изучение влияния различных факторов космического полета. Полет положил начало нового этапа в развитии космической техники, в космических исследованиях, поскольку на многоместном корабле появилась возможность проводить комплексные научно-технические и медико-биологические исследования.

4.3. Полеты кораблей «Восход-ЗКД»

При разработке конструкции «Восход-ЗКД» были сделаны доработки, связанные с выходом космонавта в открытый космос: введена система шлюзования, исключено одно кресло космонавта и доработано два скафандра. Доработка коснулась и самого корпуса СА: в средней части крышки одного из люков установили надувной шлюз (разработку и изготовление выполнил завод 918), для входа в который в крышке люка был сделан лаз диаметром 700 мм. Шлюз имел наружный диаметр 1200 мм, внутренний диаметр 1000 мм, высоту 2500 мм (в сложенном состоянии 770 мм) и массу 250 кг. В процессе конструкторской разработки корабля ЗКД была проведена тщательная отработка всех новых систем в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации.

22 февраля 1965 г. был дан старт многоместному беспилотному кораблю типа «Восход-ЗКД» № 1 («Космос-57»), а 18 марта 1965 г. — кораблю «Восход-ЗКД» № 4 с летчиками-космонавтами П. И. Беляевым и А. А. Леоновым. Во время полета корабля ЗКД А. А. Леонов впервые в мире вышел в открытый космос. Время пребывания А. А. Леонова в открытом космосе составило 12 мин. Полет продолжался 26 ч. При спуске отказала автоматическая система ориентации и экипажу пришлось использовать ручную ориентацию и вручную запустить ТДУ. Посадка произошла в нерасчетном месте: в лесном массиве Пермской области. Последнее обстоятельство вызывало беспокойство у всех участников этой работы, но все обошлось благополучно. Экипаж эвакуировался с места посадки на третьи сутки. Первый выход в открытый космос советские космонавты провели на 2,5 мес раньше американцев.

22 февраля 1966 г. был запущен корабль ЗКВ № 5 («Космос-110»). На его борту находились собаки Уголек и Ветерок для проверки работы бортовых систем при длительном орбитальном полете. Он летал 20 суток и полностью выполнил программу полета.

Этим полетом завершилась программа космического корабля «Восход» и всех его модификаций. Нереализованными в программе остались длительный 20-суточный полет двух космонавтов на корабле ЗКВ № 6 и экспериментальный полет на корабле ЗКВ № 7 с созданием искусственной тяжести в системе космический корабль — блок ракеты-носителя.

Глава 5

КОРАБЛИ СЕРИИ «СОЮЗ»

(1967–1981 ГГ.)

5.1. Проект «Союз»: как все начиналось

Корабли «Восток» и «Восход» выполняли ограниченный круг научных и технических задач, главным образом экспериментально-исследовательских. А активное освоение СССР космического пространства требовало создания принципиально новых кораблей, которые бы позволяли их расширить. Так появилась идея создания кораблей серии «Союз», которые, будучи преемниками «Востока» и «Восхода», были более совершенны в конструктивном отношении и предназначены для проведения в космическом пространстве разносторонних научных исследований, экспериментов и наблюдений (всестороннее исследование Земли и ее атмосферы, изучение характеристик околоземного космического пространства, внеатмосферные наблюдения Солнца, звезд, планет и т. д.), а также способные решать задачи маневрирования, сближения, причаливания и стыковки.

С кораблями «Союз» неразрывно связано решение проблем создания средств сближения и стыковки космических аппаратов и транспортно-технического обеспечения орбитальных станций. Корабль «Союз» разрабатывался в последовательных модификациях 7К, 7К-ОК, 7К-Т, 7К-ТМ и стал базовой моделью для создания лунных кораблей 7К-Л1 и 7К-ЛЗ.

История рождения кораблей «Союз» восходит к 1960 г. В это время в ОКБ-1 в проектно-отделе 9 (М. К. Тихонравов) параллельно с разработкой автоматических аппаратов и подготовкой кораблей «Восток» активно рассматривались варианты пилотируемых космических полетов, в том числе облет Луны и средства для его выполнения. Применение даже самой мощной по тем временам ракеты-носителя «Восток» не позволяло осуществить прямое выведение пилотируемого корабля к Луне. Для обеспечения достаточной энергетики необходима была сборка на орбите.

Исследования по методам и средствам сближения, выполненные ОКБ-1 в этот период времени, не только обеспечили экспериментальные стыковки кораблей 7К-ОК, но и заложили фундаментальные

основы для решения задач сближения на многие годы вперед. Эти методы и средства постоянно совершенствовались и позволили в дальнейшем создать сложные орбитальные комплексы, где стыковка использовалась как для их транспортного обеспечения, так и для строительства самих комплексов. В целях дальнейшего развития космических исследований с использованием существующих ракет-носителей на базе Р-7 и стыковки космических объектов на околоземных орбитах выпускаются Постановления Правительства от 16 апреля 1962 г. и 3 декабря 1963 г.

В 1962 г. был определен облик ракетно-космического комплекса (проект «Союз») для облета Луны с экипажем из двух человек на базе ракеты-носителя типа Р-7А. В состав комплекса входили (в порядке выведения на орбиту): ракетный блок 9К для старта к Луне, который выводился на орбиту в незаправленном состоянии; танкеры-заправщики 11К, автоматически стыковавшиеся с ракетным блоком в «активном» режиме и заправлявшие его окислителем и горючим; пилотируемый корабль 7К, осуществлявший стыковку с заправленным 9К.

Первый эскизный проект комплекса для облета Луны, утвержденный С. П. Королевым 24 декабря 1962 г., содержал основные положения и общие сведения по проекту «Союз», описание составных частей комплекса, направления дальнейших работ и требования к разработке. В 1960–1963 гг. в обеспечение разработки пилотируемого корабля 7К проводились научно-технические и проектные исследования по поиску и выбору основных технических решений, по определению характеристик и параметров корабля, спускаемого аппарата и бортовых систем.

Создание корабля «Союз», начиная с 1962 г. и до его первого пуска в 1966 г., представляло практически единый производственный процесс, в который по ходу работ вносились уточнения, например, в части задач полетов корабля. При разработке конструкции корабля и его систем преодолевались проблемы и технические трудности. Многое делалось впервые и стало фундаментальной основой будущих проектов.

Для корабля «Союз» создавалась система единого электропитания, использующая буферные батареи в сочетании с солнечными, имеющими полезную площадь 14 м. Уникальная конструкция солнечных батарей стала базовой для всех кораблей РКК «Энергия».

По техническому заданию ОКБ-1 для кораблей «Союз» разрабатывался новый радиокомплекс, который на начальной стадии проекта ориентировался на дальнюю радиосвязь (облет Луны), а в дальнейшем использовался в орбитальных полетах. Система дальней радиосвязи разрабатывалась в НИИ-885 (М. С. Рязанский) как многофункциональная и включала в себя командную радиолинию, телевизионный и телеметрический каналы и голосовую связь. Для работы в условиях

околоземной орбиты корабль «Союз» оснащался телевизионной системой «Кречет», разработанной во ВНИИТ (И. А. Росселевич), радиотелеметрической системой, созданной в НИИ-885, и системой радиосвязи «Заря», разработанной МНИИ РС (Ю. С. Быков). Система «Заря» работала в КВ- и УКВ-диапазонах и обеспечивала связь на орбите и при спуске, пеленгацию СА и связь после посадки. Для СА в НИИ-88 (И. И. Уткин) была разработана система автономной регистрации «Мир-3». Антенны для всех систем радиоконтакса разрабатывались в отделе 32 (М. В. Краушкин) и имели лучшие по тем временам характеристики. Для решения проблемы радиосвязи после отделения СА от корабля была предложена и разработана щелевая антенна, встроенная в теплозащиту крышки люка-лаза СА.

Система бортовых измерений корабля «Союз» создавалась в отделе 19 (Э. Б. Бродский) и обеспечивала сбор информации и регистрацию параметров движения корабля и работы его конструкции, механизмов и систем на всех участках полета. Система терморегулирования корабля проектировалась в отделе 91 (П. В. Флеров) и предназначалась для поддержания температур конструкции, оборудования и газа в отсеках в заданных пределах. Система обеспечивала баланс внутренних и внешних тепловых потоков, выравнивала температурные поля на корабле, осушала воздух в жилых отсеках, использовала воздушное охлаждение приборов и сбрасывала излишнее тепло через наружные радиаторы на переходном и агрегатном отсеках. В ее составе было два контура терморегулирования: внутренний и внешний, связанные теплообменниками. Часть агрегатов для системы разрабатывал и поставлял завод «Наука». Система обеспечения жизнедеятельности экипажа служила для поддержания состава атмосферы в жилых отсеках, обеспечения экипажа водой, пищей, одеждой и предметами санитарии, сбора отходов жизнедеятельности, контроля медицинских показателей, а кроме того, включала в свой состав носимый аварийный запас для использования после посадки.

Система стыковки (стыковочные агрегаты и их автоматика) создавалась для сборки на орбите лунного комплекса по системе «штырь-конус» и имела две разновидности агрегатов: активный и пассивный. Система обеспечивала захват штыря в воронке конуса, гашение остаточных скоростей и угловых возмущений, стягивание кораблей и их прочное механическое соединение, в том числе соединение электрических разъемов. Предусматривался также обратный процесс расстыковки. При разработке активного агрегата были предложены и внедрены чисто электромеханические устройства, которые обеспечивали амортизацию и демпфирование остаточных возмущений с использованием электромагнитных тормозов, а также стягивание с помощью

электрических приводов. Эта конструкция стала базовой и в дальнейшем применялась при разработке всех вариантов систем стыковки.

В том же 1965 г. при переориентации кораблей «Союз» на орбитальные полеты С. П. Королев поставил вопрос об организации внутреннего перехода экипажа из корабля в корабль через люки в стыковочных агрегатах. Однако под давлением обстоятельств (значительные конструкторско-производственные заделы и крайне сжатые сроки) было принято предложение К. П. Феоктистова об организации внешнего (через космос) перехода без доработки системы стыковки.

В 1965 г. была полностью завершена проектная разработка корабля «Союз» и скорректирована конструкторская документация на корабль и экспериментальные установки.

5.2. Летные испытания

Производство первых «Союзов» и их подготовка к пуску в 1966 г. шли ускоренными темпами. Считалось, что нельзя допустить большого разрыва в реализации пилотируемых полетов после успешной серии запусков кораблей «Восток» и «Восход» и что необходимо сохранить приоритет в космических исследованиях по отношению к США.

В результате напряженной работы первые летные экземпляры кораблей «Союз» были изготовлены к осени 1966 г. и направлены на техническую позицию. По плану испытаний намечались два беспилотных пуска, затем следовал испытательный пилотируемый полет. Сами летные испытания складывались трудно и драматично. Первый запуск корабля «Союз» (заводской № 2) был осуществлен 28 ноября 1966 г. под названием «Космос-133». Корабль не удалось вернуть на Землю из-за неправильной полярности двигателей причаливания и ориентации (по крену) и управляющих сопел дублирующего корректирующего двигателя (по тангажу и рысканию). Корабль спускался по нерасчетной траектории, так как тормозной импульс был выдан неполностью из-за отсутствия стабилизации корабля при работе СКД, и был ликвидирован системой аварийного подрыва. По результатам полета проведены мероприятия в части правильности подключения двигателей и контроля работы их клапанов при наземной подготовке.

Второй пуск корабля (заводской № 1) планировалось осуществить 14 декабря 1966 г. В конце предстартовой подготовки в момент запуска двигателей ракеты-носителя произошло их аварийное выключение, и с РН было снято электропитание. Примерно через двадцать семь минут после этого сработала система аварийного спасения. Старт ОГБ с выключенной РН был полной неожиданностью для испытателей, которые занимались на стартовой позиции своими обычными делами, характерными для ситуации отмены пуска. Проводилось,

в частности, сведение ферм обслуживания, расчеты готовились к подъему на площадку обслуживания для ручного подключения разъемов кабель-мачты к кораблю с задачей приведения систем корабля в исходное состояние, но, к счастью, не успели. САС сработала до сведения ферм, через некоторое время произошел локальный взрыв на корабле, затем взорвалась РН, что повлекло большие разрушения старта (площадка 31), вывод из строя пускового оборудования и многих коммуникаций. Для продолжения программы испытаний в неотопляемом из-за повреждения отопительной системы монтажно-испытательном корпусе (рабочие места были только на площадке 31), по решению В. П. Мишина, велось срочное переоборудование пилотируемого корабля в беспилотный под контролем ведущего конструктора Ю. П. Семенова. Пуск этого корабля планировался с другой стартовой позиции — с площадки 1. По результатам анализа 14 декабря 1966 г. была установлена причина развития аварии — отсутствие средств дистанционного и срочного выключения САС до подвода кабель-мачты — и проведена серия доработок: блокирование всех параметров аварийности до «контакта подъема», введение трактов взведения и отбоя САС по транзитным цепям на РН, минуя кабель-мачту, внедрение самозапирающихся клапанов на трубопроводах системы терморегулирования, установка огнетушителей на головном обтекателе и введение противопожарной обмотки кабелей.

Следующий, тоже беспилотный, запуск корабля «Союз» (заводской № 3) состоялся 7 февраля 1967 г. под названием «Космос-140». После двухсуточного полета был выдан тормозной импульс, и корабль пошел на спуск. Поисковые средства, пользуясь данными КВ-пеленга, обнаружили спускаемый аппарат не в расчетной точке, а существенно западнее, на льду Аральского моря, что свидетельствовало об автоматическом переходе с управляемого на резервный баллистический спуск. С воздуха был хорошо виден спускаемый аппарат и растянувшийся на льду парашют. Через некоторое время аппарат затонул в трех километрах от берега на глубине около 10 м.

Результаты трех беспилотных пусков были подвергнуты тщательному анализу, а рекомендации по выявленным замечаниям полностью выполнены. Перед ведущими специалистами ЦКБЭМ был поставлен вопрос: следует выполнить контрольный беспилотный пуск или можно идти на пилотируемый полет? Вопрос обсуждался на серии совещаний, которые проводили Я. И. Трегуб и К. Д. Бушуев. На итоговом совещании у В. П. Мишина с приглашением широкого круга специалистов в центре обсуждения стоял тот же вопрос выбора и одновременно заслушивались доклады о готовности систем и конструкции корабля к пилотируемому пуску. Многие выступили за проведение пилотируемого полета. С возражением против него выступил И. С. Прудников,

обосновав свое мнение тем, что тепловая защита требует дополнительной проверки. Однако большинство специалистов выразили уверенность в надежности доработанной защиты и успехе полета. По итогам обсуждений было внесено предложение о проведении пилотируемого испытательного полета, одобренное в дальнейшем МОМ и ВПК и доложенное в ЦК КПСС. Так было принято решение, которое оказалось роковым.

5.3. Методом проб и ошибок ...

Первый запуск космического корабля «Союз» на околоземную орбиту был произведен 23 апреля 1967 г. Корабль «Союз-1» пилотировал летчик-космонавт Владимир Михайлович Комаров. Целью полета было испытание нового космического корабля, отработка систем и элементов его конструкции в условиях космического полета, проведение научно-технических и медико-биологических исследований. Во время этого испытательного полета В. М. Комаровым была полностью выполнена намеченная программа исследований. В процессе спуска с орбиты на Землю на семикилометровой высоте при открытии основного парашюта его стропы закрутились, что привело к аварийной посадке и гибели космонавта. Имя Владимира Михайловича Комарова навечно вошло в героическую летопись освоения и изучения космического пространства человечеством.

Правительственная комиссия, председателем которой был назначен начальник ЛИИ МАП В. В. Уткин, а членами комиссии от ЦКБЭМ — В. П. Мишин и К. Д. Бушуев, после досконального анализа всех обстоятельств аварии и проведения ряда экспериментов установила, что трагедия произошла из-за невыхода из контейнера блока (упаковки) основного парашюта. Автоматика аппарата зафиксировала повышенную скорость и ввела в поток запасную парашютную систему, но купол этой системы не наполнился, так как был затенен тормозным парашютом, жестко связанным с не вышедшей из контейнера упаковкой основного. Комиссия сделала вывод, что причиной невыхода был недостаточный запас усилия тормозного парашюта по отношению к силам трения при извлечении блока из контейнера, имевшего форму эллиптического цилиндра. Этому способствовало зажатие блока стенками контейнера (упругие деформации) под действием перепада давления: одна атмосфера внутри аппарата и пониженное давление в контейнере на высоте ввода системы. Ситуация с вводом в поток основного купола при перепаде давлений на стенках контейнера проверялась в летных условиях путем сбросов аппарата с самолета, где дефект не проявился в четырех испытаниях. Это было объяснено вероятностным фактором. Комиссия рассмотрела также версию нарушения схемы затяжки и расчеховки

основного парашюта, которую после анализа отвергла. По рекомендациям комиссии был доработан контейнер с целью облегчения выхода из него парашютной системы (коническая форма вместо цилиндрической, увеличение объема, полировка стенок), установлен автономный узел аварийного отделения тормозного парашюта и введено пооперационное фотографирование монтажа парашютов. После завершения работы комиссии в ЦКБЭМ появилась еще одна, неофициальная версия случившегося: аппарат, в отличие от предыдущих, был поставлен в автоклав для полимеризации тепловой защиты вместе с контейнером без технологической крышки, и тогда стенки контейнера могли покрыться налетом смол, резко повышающим коэффициент трения. Такое предположение объясняло, почему дефект не проявился в самолетных испытаниях (тепловая защита имитировалась пенопластом, наклеенным холодным способом). Проверить эту версию и документально подтвердить не удалось. Однако был установлен строгий контроль, исключающий установку в автоклав СА с парашютным контейнером (контейнер на это время снимался).

В 1967 г. в ЦКБЭМ совместно с НИИ АУ (ранее НИЭИ ПДС) и ЛИИ проводилась тщательная проверка увязки парашютных систем с конструкцией спускаемого аппарата и параметрами его движения. По результатам анализа реализовывались дополнительные решения относительно режимов работы парашютных систем. Была уточнена циклограмма подготовки спускаемого аппарата к посадке на запасной системе в условиях аварии на старте и ограничены допустимые высоты ввода (не более 6 км) этой системы в условиях аварий РН в начале участка выведения.

С осени 1967 г. начались автономные испытания доработанных элементов конструкции и систем, на основе которых были разрешены беспилотные пуски корабля «Союз». В 1968 г. ведутся летные испытания парашютных систем и комплексная экспериментальная отработка спускаемого аппарата и его агрегатов. А в 1967 г. после доработок и проведения экспериментальных работ, этапы завершения которых соответствовали плану пусков, продолжались беспилотные ЛКИ кораблей «Союз». В первом полете двух кораблей 7К-ОК под названием «Космос-186» и «Космос-188» (27.10–02.11.1967 г., заводские №№ 6 и 5) была осуществлена первая автоматическая стыковка на орбите — событие, которое открывало дорогу строительству орбитальных комплексов.

14–20 апреля 1968 г. в процессе полетов кораблей «Космос-212» и «Космос-213» (заводские №№ 8 и 7) еще раз была подтверждена надежность автоматической стыковки, а 28.08–01.09.1968 г. осуществлен зачетный беспилотный полет корабля 7К-ОК под названием «Космос-238» (заводской № 9).

Положительные итоги наземных и летных испытаний позволили принять решение о переходе к пилотируемым пускам. Первый пилотируемый полет после длительного перерыва и доработок кораблей совершил космонавт Георгий Тимофеевич Береговой на корабле «Союз-3» 26–30 октября 1968 г. В полете было осуществлено автоматическое сближение с беспилотным «Союзом-2», но причаливание при ручном управлении кораблем с расстояния 200 м было неудачным. Тем не менее этот испытательный полет имел принципиально важное значение, так как знаменовал введение в строй кораблей «Союз». Во время полета был проведен полный комплекс испытаний бортовых систем корабля «Союз» в условиях космического полета, выполнен большой объем научных исследований. В частности, проводились наблюдения звездного неба, Земли и небесных светил, фотографирование облачного и снежного покровов, дневного и сумеречного горизонтов Земли, а также метеорологические и медико-биологические исследования.

Вторая пара кораблей — «Союз-4» (В. А. Шаталов) и «Союз-5» (Б. В. Волюнов, А. С. Елисеев, Е. В. Хрунов) в полете 14–18 января 1969 г. выполнила программу полностью: автоматическое сближение, ручное причаливание и стыковку двух пилотируемых кораблей (создание первой экспериментальной орбитальной станции массой 12 924 кг), выход в космос и переход космонавтов А. С. Елисеева и Е. В. Хрунова в «Союз-4» с последующим спуском в этом корабле. При посадке «Союза-5» (заводской № 13) с космонавтом Б. В. Волюновым произошел опасный отказ: не раскрылись замки связей между спускаемым аппаратом и приборно-агрегатным отсеком, и движение шло вперед «оголенным» шпангоутом СА. Полки шпангоута вспучились под действием нагрева при входе в плотные слои атмосферы и внутреннего давления в СА, но шпангоут выдержал эти нерасчетные условия. В результате нагрева конструкции переходного отсека были нарушены связи, СА освободился от ПАО и развернулся в нормальное положение. Спуск проходил по баллистической траектории, система положения обеспечила мягкую посадку. Этот случай подтвердил правильность проектного решения о внедрении титанового шпангоута. Не зря также в ЦКБЭМ большое внимание уделялось обеспечению статической аэродинамической устойчивости СА при любых углах атаки и разработке режима баллистического спуска как условий безопасности экипажа при нарушении управления спуском. Полет кораблей «Союз-4» и «Союз-5» имел большое значение для отработки ручной стыковки кораблей и для становления внекорабельной деятельности при выходе в открытый космос.

В дальнейшем, в период 11–18 октября 1969 г., был осуществлен совместный полет трех пилотируемых кораблей с выполнением взаимного маневрирования и научно-технических экспериментов при работе

наземного комплекса управления одновременно с тремя кораблями — «Союз-6» (космонавты Г. С. Шонин, В. Н. Кубасов), «Союз-7» (космонавты А. В. Филипченко, В. Н. Волков, В. В. Горбатко) и «Союз-8» (космонавты В. А. Шаталов, А. С. Елисеев). В этом полете предусматривалась стыковка кораблей «Союз-7» и «Союз-8», но она не состоялась из-за отказа системы «Игла» на «Союзе-8».

Затем 1–19 июня 1970 г. состоялся длительный (около 18 суток) автономный космический полет корабля «Союз-9» (космонавты А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов) с исследованием воздействия факторов полета на жизнедеятельность и работоспособность космонавтов. Полет был задуман и проводился для медико-биологических исследований, направленных на решение проблем длительной работы космонавтов на борту станции, и его результаты были крайне важны для этого.

Полет «Союза-9» стал дальнейшим практическим шагом в деле выполнения программы научно-технических исследований и различных экспериментов, выполняемых с помощью пилотируемых кораблей в околоземном космическом пространстве. Этот полет доказал, что современная космическая техника обеспечивает выполнение космонавтами большого объема научных и практических работ в длительных орбитальных рейсах.

В 1971 г. принимается решение об использовании кораблей «Союз» в целях доставки экипажа на орбитальную станцию «Алмаз» военного назначения, разработанную в ЦКБМ (В. Н. Челомей). Для этой станции создавался свой транспортный корабль снабжения такой же размерности, как и сама станция, но работы по нему были далеки от завершения, и следующий полет к «Салюту-3» начался стартом корабля «Союз-15» 26 августа 1974 г. (космонавты Г. В. Сарафанов, Л. С. Демин), однако стыковка со станцией не состоялась. В системе «Игла» произошла нерасчетная нештатная ситуация. На расстоянии 300 м вместо сигнала перехода на координатные двигатели система «Игла» стала вырабатывать сигнал о взаимном расстоянии более 3 км и вследствие этого — сигнал о необходимости разгона корабля в сторону станции. Ситуация повторилась несколько раз. Было совершено три пролета корабля мимо станции на малом расстоянии. Космонавты не распознали нерасчетную нештатную ситуацию и, наблюдая стремительные и опасные пролеты корабля мимо станции, не выключили режим сближения, подвергая себя тем самым смертельному риску.

В 1976–1977 гг. успешно прошли два полета (корабли «Союз-21» и «Союз-24») ко второй станции «Алмаз» («Салют-5»). В полете корабля «Союз-23» (14–16.10.76 г.) стыковку с «Салютом-5» выполнить не удалось из-за отказа системы «Игла». В процессе эксплуатации кораблей «Союз» вплоть до 1979 г. имели место неоднократные срывы

режима сближения и стыковки. Часть из них была связана с отказами системы «Игла», но в большинстве случаев это происходило из-за ошибок космонавтов при выполнении ручного причаливания.

Так закончился этап создания и экспериментальных полетов нового пилотируемого корабля «Союз». Полученные в ходе полета результаты разнообразных исследований имели большое значение для дальнейшего прогресса науки, развития ракетно-космической техники нашей страны.

5.4. Транспортный космический корабль «Союз Т» (1980–1986 гг.)

Корабль 7К-С проектировался на основе опыта создания корабля 7К-ОК, находившегося в то время на стадии ЛКИ. Однако с целью улучшения тактико-технических, технологических и эксплуатационных характеристик в конструкцию и бортовые системы корабля вносились принципиальные изменения, которые наращивались в ходе разработки и в конечном счете привели к созданию нового корабля. Этот корабль предусматривалось использовать в составе малой орбитальной исследовательской станции (ОИС). Первый вариант эскизного проекта ОИС был выпущен 21 июня 1968 г., материалы проекта по кораблю 7К-С и теоретический чертеж корабля утверждены 14 октября 1968 г. Работы по проекту велись ЦКБЭМ совместно с его Куйбышевским филиалом, главный конструктор — В. П. Мишин.

В связи с развертыванием работ по долговременным орбитальным станциям ДОС-7К, имеющим более широкие возможности, чем ОИС, в феврале 1970 г. принимается решение прекратить работы по орбитальному блоку ОИС, но продолжить разработку и изготовление кораблей 7К-С как перспективных и имеющих улучшенные по сравнению с «Союзом» характеристики. С этого времени корабль 7К-С разрабатывается как пилотируемый корабль для проведения технических экспериментов и исследований в автономном полете (базовый вариант) с возможностью создания на его основе с минимальными доработками модификаций различного целевого назначения. Основной из них был транспортный корабль для доставки экипажа на орбитальные станции. Для транспортной модификации изделия 11Ф732 было принято обозначение 7К-СТ (в дальнейшем в средствах массовой информации он будет назван кораблем «Союз Т»).

В одном из интервью журналу «Российский космос» дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт Владимир Викторович Аксенов, который непосредственно участвовал в создании, испытаниях и совершенствовании «Союза Т», сказал об истории возникновения названия корабля:

«По традиции новый самолет или космический корабль получает и новое имя. Так считал и Константин Бушуев, главный конструктор нового корабля. Даже был объявлен конкурс на название. Но неожиданно в 1979 году Бушуев скоропостижно скончался, и практически готовое изделие передали Юрию Семенову — главному конструктору “Союза” и долговременных орбитальных станций. Новое руководство не нашло ничего лучшего, как оставить за принципиально новым кораблем название “своей” машины, добавив букву “Т”».



Рис. 5.1. Сближение корабля «Союз» с орбитальной станцией

Общая компоновочная схема и габариты отсеков корабля 7К-С по сравнению с кораблем 7К-ОК практически не изменились. Это определялось тем, что использовалась та же ракета-носитель «Союз», сохранялись основы построения системы аварийного спасения экипажа, а сама компоновочная схема «Союза» была удачной и перспективной. Большинство бортовых систем корабля разрабатывались вновь или модернизировались.

На корабле «Союз Т» была усилена конструкция корпуса, установлены новые, более совершенные бортовые системы, например, системы управления движением, ориентации, радиосвязи и многие другие. Введены три контура управления движением: дискретный, аналоговый и ручной. Новая система управления движением, использующая бортовой цифровой вычислительный комплекс, осуществляла расчет параметров движения и автоматического управления кораблем

в оптимальных режимах с наименьшим расходом топлива, выполняла самоконтроль с автоматическим переходом, в случае необходимости, на резервные программы и средства, выдавала информацию экипажу на бортовой дисплей и в Центр управления полетом по телевизионному каналу. Эта система обладала повышенными характеристиками по точности, надежности и гибкости управления кораблем в орбитальном полете и при спуске. Система управления бортовым комплексом так же, как и система управления движением, была построена по трехканальной схеме с голосованием, восстановлением канала и поканальной предполетной проверкой.

Были увеличены грузоподъемность основной и запасной парашютных систем, тормозной импульс двигателей мягкой посадки; обеспечена одинаковая скорость посадки на основной и запасной парашютных системах. Автоматика системы приземления построена по троированной схеме с коррекцией высоты включения двигателей мягкой посадки в зависимости от скорости снижения. Введена новая двигательная установка с единой топливной системой, усовершенствована система жизнеобеспечения, установлена двухпанельная солнечная полупроводниковая батарея.

При создании этого корабля особое внимание было уделено повышению его надежности и удобства эксплуатации. Корабль «Союз Т» совершал полет в беспилотном и пилотируемом вариантах. На его борту находился комплект скафандров усовершенствованной конструкции. Они обеспечивали большую подвижность, лучшую тактильность при работе космонавта на пульте, большой обзор из шлема, меньше весили. Снять и надеть скафандр можно было без посторонней помощи, затратив на это меньше времени. Несколько кораблей этой серии прошли обработку в автономном космическом полете.

В разработке корабля 7К-СТ можно выделить (по характеру и направленности работ) три этапа. С 1968 г. примерно до 1974 г. закладывались основы новой конструкции и систем базового корабля (с 1972 г. главный конструктор Е. В. Шабаров), с 1975 по 1977 гг. с учетом опыта эксплуатации корабля «Союз» разрабатывался трехместный вариант корабля с одновременным совершенствованием его систем (главный конструктор К. Д. Бушуев), а с 1978 г. происходит окончательное становление конструкции транспортного корабля и его бортового комплекса (главный конструктор Ю. П. Семенов).

При создании корабля «Союз Т» и его наземного комплекса были учтены эксплуатационные недостатки, выявленные в работах по кораблям «Союз», и внедрены перспективные технические решения по технологии испытаний корабля и его подготовки к пуску. В частности, так называемый «перелом» полностью собранного корабля позволил

при поиске неисправности и замене приборов резко упростить операции и избавил от большого объема дополнительных испытаний.

Экспериментальная отработка корабля 7К-СТ проводилась поэтапно в соответствии с задачами и в сроки пусков кораблей. В нее входили испытания конструкции, систем и агрегатов на стендах и комплексные испытания на экспериментальных установках и макетах корабля; летно-конструкторские испытания проводились с августа 1974 г. Первые три корабля были изготовлены в базовом варианте (корабль 7К-С). Испытания начались с пуска корабля (заводской № 1Л) 6 августа 1974 г. («Космос-670»). Основное замечание по полету корабля состояло в переходе на режим баллистического спуска при возвращении с орбиты. Причина — нерасчетное возмущение, полученное спускаемым аппаратом при разделении отсеков из-за дефекта в конструкции элементов зачекочки и сброса матов экранно-вакуумной теплоизоляции аппарата. Замечание было устранено путем доработки конструкции и ее дополнительной экспериментальной проверки.

По распоряжению ВПК от 10 мая 1979 г. руководство Госкомиссией с завершением этапа беспилотной отработки корабля 7К-СТ было передано от МО СССР (А. Г. Карась, затем Г. С. Титов) Минобщешашу. Председателем Госкомиссии от МОМ СССР был назначен К. А. Керимов, который возглавлял Госкомиссию по ЛКИ комплекса ДОС-7К (станции «Салют»). В связи с решением об использовании в дальнейшем только транспортной модификации корабля (без его вариантов в интересах Министерства обороны) взамен тактико-технических требований, ранее выданных МО СССР, выпускается новое тактико-техническое задание на транспортный корабль 7К-СТ, утвержденное в мае 1980 г. руководством МОМ, МО и АН СССР. По результатам этапа беспилотной отработки корабля «Союз Т», который включил в себя шесть пусков, комиссией под руководством Г. С. Титова было дано заключение (май 1980 г.) о допуске корабля к пилотируемым полетам.

Первый пилотируемый полет был осуществлен на корабле 7К-СТ № 7Л («Союз Т-2», экипаж Ю. В. Малышев, В. В. Аксенов) с 5 по 9 июня 1980 г. Программа предусматривала его стыковку со станцией «Салют-6». Экипаж успешно справился с нештатной ситуацией при причаливании (прекращение автоматического режима стыковки) и выполнил ручную стыковку со станцией. Этот испытательный полет дал путевку в жизнь новому пилотируемому кораблю.

Последним в серии ЛКИ стал пуск корабля № 8Л в трехместном варианте («Союз Т-3», 27 ноября – 10 декабря 1980 г., экипаж Л. Д. Кизим, О. Г. Макаров, Г. М. Стрекалов), в котором были полностью проверены все режимы работы бортовых систем. В отчете предприятия «О проведении летных испытаний пилотируемых кораблей

7К-СТ № 7Л, 8Л», согласованном с заказчиком (февраль 1981 г.), отражались положительные результаты ЛКИ нового транспортного корабля «Союз Т» и давалось заключение о возможности его штатной эксплуатации. Началась эксплуатация нового транспортного корабля.

Корабли серии «Союз Т» (изделие 11Ф732 № 21Л) эксплуатировались в составе орбитальных станций «Салют-6, -7» и «Мир» с марта 1981 г. по июль 1986 г. и заменили предшествующий корабль «Союз» (с мая 1981 г.). В этот период было проведено 13 пилотируемых пусков, в том числе 7 — с экипажем из трех человек, в двух полетах приняли участие иностранные космонавты.

5.5. Транспортные космические корабли серии «Союз ТМ» (1987–2002 гг.)

Для доставки экипажей на многомодульную станцию «Мир», учитывая ее особенности, для увеличения грузоподъемности пилотируемых кораблей «Союз Т», дальнейшего повышения их надежности и улучшения других технических и эксплуатационных характеристик была проведена модернизация этих кораблей. Она велась по двум направлениям: усовершенствование систем корабля и снижение его массы.

На корабле «Союз ТМ» (изделие 11Ф732 с № 51) ряд систем был доработан или заменен на новые в соответствии с тенденциями развития станции и повышения надежности и безопасности полета. Дальнейшее развитие получила система управления движением. С ростом масштабов орбитальных комплексов использование системы «Игла» становилось нерациональным, так как требовало непрерывной ориентации станции стыковочным агрегатом на корабль и приводило к большим затратам топлива. Система «Игла» была заменена на новую систему «Курс» разработки НИИ ТП, которая не требовала такой ориентации, позволяла осуществлять измерения с дальности 200 км вместо 30 км, имела дублированную электронику и блок электронной диагностики. Соответственно было разработано новое программное обеспечение БЦВК, которое позволило кораблю автономно осуществлять сближение со стабилизируемой в пространстве станцией с дальности около 100 км, ее «облет» на малой дальности в зону выбранного стыковочного агрегата и причаливание. На бытовом отсеке корабля устанавливался блистер с иллюминатором, и на его базе организовывалось второе рабочее место для ручного управления причаливанием. В КДУ корабля был применен новый базовый блок — С5.80 разработки КБ ХимМаш, в конструкции которого воплотился весь накопленный опыт. В этом блоке были использованы металлические разделители в баках, сами баки стали несущими, в конструкции главной камеры применялось

неохлаждаемое сопло, для наддува использовался гелий, а в схему наддува баков и расхода топлива ввели резервирование (две секции). В схеме питания ДПО–ДО в двух коллекторах установили дублирующие клапаны. В радиокomплексе корабля система радиосвязи и пеленгации «Заря» была заменена на более совершенную систему «Рассвет» (МНИИ РС).

Корабль «Союз ТМ» был похож на корабль «Союз» только внешне, так как все бортовые системы были заменены новыми, более совершенными, а корпус корабля изготовлен из более прочного металла и покрыт более стойкой и легкой теплоизоляцией.

С тремя космонавтами в скафандрах на борту корабля «Союз ТМ» масса доставляемого груза составляла 150 кг, а возвращаемого — 50 кг. В беспилотном варианте масса доставляемого груза была 450 кг, а возвращаемого — 250 кг. Масса корабля была 7070 кг, максимальная длина 7 м, максимальный диаметр 2,72 м, поперечный размер по солнечным батареям 10,6 м.

Для отработки в автономном полете и совместно с орбитальной станцией «Мир» 21 мая 1986 г. стартовал корабль «Союз ТМ» в беспилотном варианте, пристыковавшийся к станции 23 мая. Испытания усовершенствованного корабля прошли успешно, 29 мая он отделился от станции и на следующий день совершил мягкую посадку в заданном районе Советского Союза.

Последовательное создание кораблей «Союз Т» и «Союз ТМ» продолжало линию разработки пилотируемых кораблей, начатую «Союзом», и имело важное значение для программы работ по станциям «Салют» и «Мир». Шло совершенствование кораблей, они все больше соответствовали требованиям транспортных операций, непрерывно повышалась надежность конструкции и бортовых систем, разрабатывались новые методы и средства подготовки кораблей и управления полетом. На 1996 г. пилотируемый корабль «Союз ТМ» был последней, самой совершенной моделью в серии кораблей «Союз».

5.6. Пилотируемый корабль «Союз ТМА» (2002–2010 гг.)

Модифицированный пилотируемый корабль «Союз ТМА» был создан на базе корабля «Союз ТМ» согласно межгосударственным соглашениям России и США и является составной частью комплекса МКС. Основное назначение корабля «Союз ТМА» — обеспечение спасения экипажа длительной экспедиции, доставка на станцию и возвращение на Землю членов экипажей длительных экспедиций и экспедиций посещения. Он находился в эксплуатации с 2002 г.

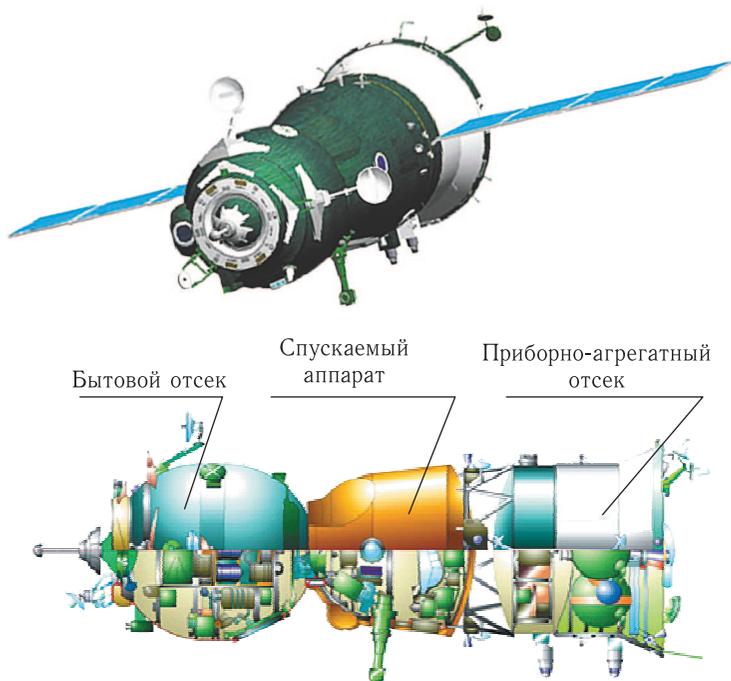


Рис. 5.2. Общий вид корабля «Союз ТМА»

В процессе полета корабль «Союз ТМА» выполнял следующие задачи:

- доставка на станцию членов экипажей основных (длительных) экспедиций и экспедиций посещения, а также небольших сопутствующих грузов (научно-исследовательской аппаратуры, личных вещей космонавтов, ремонтного оборудования для станции и т.п.);
- постоянное дежурство корабля на станции в период ее пилотируемого полета в готовности к срочному спуску экипажа основной экспедиции на Землю в случае опасной ситуации на станции, заболевания или травмы космонавта и т.п. (функция корабля-спасателя);
- плановый спуск членов экипажей основных экспедиций и экспедиций посещения на Землю;
- возвращение на Землю, одновременно с экипажем, полезных грузов относительно небольшой массы и объема (результатов работы экспедиции на станции, личных вещей и др.);
- удаление отходов со станции в бытовом отсеке, сгорающем в атмосфере при спуске.

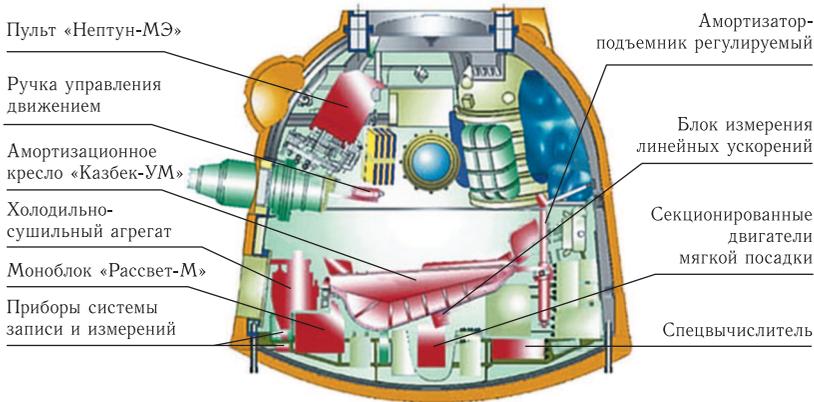


Рис. 5.3. Компоновочная схема спускаемого аппарата корабля «Союз ТМА» с указанием доработанных элементов

Основные доработки корабля «Союз ТМ» связаны с выполнением требований по расширению диапазона антропометрических параметров экипажа до значений, приемлемых для американского контингента астронавтов, и повышению степени защиты экипажа от ударных нагрузок путем снижения посадочных скоростей и усовершенствования амортизации его кресел.

Для обозначения модификации этого корабля в проектной и общетехнической документации было принято название «Союз ТМА» (антропометрический).

Для реализации изложенных выше требований на базовом корабле «Союз ТМ» были проведены следующие основные доработки по компоновке, конструкции и бортовым системам спускаемого аппарата (СА) без увеличения его габаритов:

- установлены три вновь разработанных удлиненных кресла «Казбек-УМ» с новыми четырехрежимными амортизаторами, которые обеспечивают регулировку амортизатора в зависимости от массы космонавта;
- проведена перекомпоновка оборудования в надкресельной и подкресельной зонах СА, позволяющая разместить удлиненные кресла и астронавтов с увеличенной антропометрией и расширить зону прохода через входной люк-лаз. В частности, установлены новый уменьшенный по высоте пульт управления, новый холодильно-сушильный агрегат, система запоминания информации и другие новые или дорабатываемые системы;
- на корпусе СА в зоне подножек правого и левого кресел организованы выштамповки глубиной около 30 мм, которые позво-

лили разместить рослых космонавтов и их удлиненные кресла. Соответственно изменились силовой набор корпуса и прокладка трубопроводов и кабелей;

- в минимальной степени доработаны элементы корпуса СА, приборной рамы и кронштейны. Кабина экипажа по возможности была «расчищена» от выступающих элементов — их перенесли в более удобные места, переделали блок клапанов системы подачи кислорода в скафандры;
- проведены доработки комплекса средств приземления:
 - заменены два из 6 однорежимных двигателя мягкой посадки (ДМП) на два новых трехрежимных (ДМП-М);
 - для уменьшения погрешностей измерения гамма-высотомер «Кактус-1В» заменен на новый прибор «Кактус-2В».

Помимо указанных изменений, на корабле «Союз ТМА» были доработаны отдельные системы и агрегаты. Доработки в основном связаны с переходом на новую элементную базу и введением конструктивных улучшений.

Таблица 5.1

Антропометрические параметры кораблей «Союз ТМ» и «Союз ТМА»

Параметры	«Союз ТМ»	«Союз ТМА»
1. Рост космонавта (астронавта), см <ul style="list-style-type: none"> ● максимальный в положении стоя ● минимальный в положении стоя ● максимальный в положении сидя 	182 164 94	190 150 99
2. Обхват груди космонавта (астронавта), см <ul style="list-style-type: none"> ● максимальный ● минимальный 	112 96	не огр. не огр.
3. Масса космонавта (астронавта), кг <ul style="list-style-type: none"> ● максимальная ● минимальная 	85 56	95 50
4. Длина ступни максимальная, см	—	29,5

Таблица 5.2

Основные характеристики корабля «Союз ТМА»

Наименование характеристики, размерность	Значение	Примечание
1. Масса корабля, кг	до 7220	
2. Масса спускаемого аппарата, кг	~ 2900	
3. Экипаж, чел.	2–3	
4. Параметры орбиты <ul style="list-style-type: none"> ● наклонение, град ● высота, км <ul style="list-style-type: none"> ✓ выведения ✓ при стыковке корабля ✓ при спуске корабля 	<p>51,6</p> <p>202 / 238*)</p> <p>до 425</p> <p>до 460</p> <p>*) перигей / апогей</p>	
5. Геометрические характеристики корабля, мм <ul style="list-style-type: none"> ● длина по корпусу ● максимальный диаметр ● диаметр жилых отсеков ● размах солнечных батарей 	<p>6980</p> <p>2720</p> <p>2200</p> <p>10 700</p>	
6. Масса полезного груза расчетная, кг <ul style="list-style-type: none"> ● доставляемая ● возвращаемая 	<p>до 100</p> <p>до 50</p>	при экипаже 3 чел.
7. Полетный ресурс*), сут.	200	*) в том числе ресурс автономного полета
8. Скорость приземления, м/с <ul style="list-style-type: none"> ● на основной парашютной системе, макс. / ном. ● на запасной парашютной системе, макс. / ном. 	<p>2,6 / 1,4</p> <p>4,0 / 2,4</p>	<p>(на «Союз ТМ») 3,6 / 2,6</p> <p>(на «Союз ТМА») 6,1 / 4,3</p>
9. Ракета-носитель	«Союз ФГ»	Создана для корабля «Союз ТМА» и прошла летную отработку при запусках кораблей «Прогресс» в 2001–2002 гг.

5.7. Транспортный пилотируемый корабль «Союз ТМА-М» (2010 г.)

Транспортный пилотируемый корабль (ТПК) новой серии «Союз ТМА-М» создан на базе корабля «Союз ТМА».

В системе управления движением и навигации (СУДН) корабля новой серии установлено 5 новых приборов общей массой ~ 42 кг (вместо 6 приборов общей массой ~101 кг). При этом электропотребление СУДН снижено до 105 Вт (вместо 402 Вт). В составе модифицированной СУДН используются центральная вычислительная машина (ЦВМ) с устройством сопряжения суммарной массой ~ 26 кг и электропотреблением 80 Вт. Производительность ЦВМ — 8 млн операций в 1 с, емкость оперативной памяти — 2000 Кб. Существенно увеличен ресурс, который составляет 35 тыс. ч. Заложен 50-процентный запас вычислительных средств.

В системе бортовых измерений (СБИ) корабля установлено 14 новых приборов общей массой ~ 28 кг (вместо 30 приборов общей массой ~ 70 кг) при той же информативности. Введен режим обмена информацией с бортовыми вычислительными средствами (БВС).

Снижено электропотребление СБИ: в режиме непосредственной передачи телеметрической информации — до 85 Вт (вместо 115 Вт), в режиме записи — до 29 Вт (вместо 84 Вт) и в режиме воспроизведения — до 85 Вт (вместо 140 Вт).

В системе обеспечения теплового режима (СОТР):

- обеспечено жидкостное термостатирование приборов БВС СУДН путем установки в приборном отсеке (ПО) корабля трех термоплат;
- доработан контур навесного радиатора СОТР для подключения термоплат термостатирования новых приборов СУДН, расположенных в ПО;
- установлен в контур навесного радиатора СОТР электронасосный агрегат повышенной производительности;
- заменен жидкостно-жидкостный теплообменник с целью улучшения жидкостного термостатирования корабля на стартовом комплексе в связи с введением в состав корабля новых приборов, требующих термостатирования.

В системе управления движением и навигации (СУДН):

- доработан блок автоматики двигателей причаливания и ориентации (БА ДПО) с целью обеспечения совместимости с новыми бортовыми вычислительными средствами;
- доработано программное обеспечение вычислительных средств спускаемого аппарата корабля.

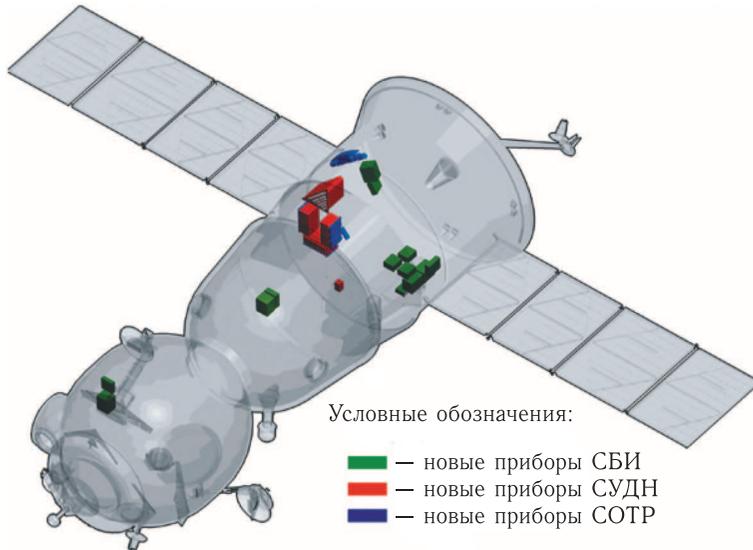


Рис. 5.4. Размещение вновь вводимой аппаратуры на корабле «Союз ТМА-М»

В системе управления бортовым комплексом (СУБК):

- доработаны блок обработки команд и командная матрица в целях обеспечения заданной логики управления вводимыми приборами СУДН и СБИ;
- заменены автоматы защиты в блоках силовой коммутации для обеспечения электропитания вводимых приборов СУДН и СБИ.

Было создано и внедрено новое программное обеспечение, учитывающее изменение командной и сигнальной информации при модернизации бортовых систем, на пульте космонавтов.

Проведены усовершенствования конструкции корабля и интерфейсов с МКС:

- заменен магниевый сплав приборной рамы ПО на алюминиевый сплав для улучшения технологичности изготовления;
- введены дублированные мультиплексные каналы для обмена информацией между БВС корабля и БВС российского сегмента МКС.

В результате доработок корабля были заменены 36 устаревших приборов на 19 приборов новой разработки; доработаны СУБК и СОТР в части обеспечения управления, электропитания и термостатирования вводимых новых приборов; дополнительно усовершенствована конструкция корабля для улучшения технологичности его изготовления.

Была уменьшена масса конструкции корабля на 70 кг, что позволит проводить дальнейшее совершенствование его характеристик.

Первый запуск пилотируемого модернизированного цифрового корабля «Союз ТМА-М» к МКС был осуществлен 8 октября 2010 г. в 03 ч 10 мин 55 с по московскому времени (7 октября в 23:10:55 GMT) с космодрома Байконур. На его борту находились космонавты Александр Калери, Олег Скрипочка (Россия) и астронавт Скотт Келли (США). Стыковка «Союза ТМА-М» с МКС была осуществлена в автоматическом режиме 10 октября 2010 г. в 04 ч 01 мин по московскому времени.

Литература

1. *Леонов А., Соколов А.* Космические дали. — М.: Изобразительное искусство, 1972. — 36 с.
2. <http://scifiart.narod.ru/Albums/3-003.htm>
3. http://www.towertech.us/static/kosmicheskii_korabl_soyuz.html
4. *Гудилин В.Е., Слабкий Л.И.* Ракетно-космические системы (История. Развитие. Перспективы). — М.: 1996. — 362 с. <http://www.buran.ru>
5. «Союз» — триумфатор: почему у нового корабля осталось старое название? // Российский космос, № 8. 2010. <http://www.inauka.ru/space/article103338.html>
6. *Глушко В.* Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1987. — 304 с. <http://epizodsspace.testpilot.ru/bibl/glushko/razv/2e.html>
7. По материалам сайта РКК «Энергия».

Глава 6

ПЕРВЫЕ ОРБИТАЛЬНЫЕ СТАНЦИИ «САЛЮТ»

Первой в мире орбитальной станцией стала станция «Салют», работа над которой началась в конце 1969 г. ¹⁾

9 февраля 1970 г. было выпущено Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР ²⁾ по разработке комплекса ДОС-7К, предусматривающее создание долговременной орбитальной станции и транспортного корабля.

Разработка и изготовление станции «Салют» проводились одновременно на нескольких предприятиях. Проект и практически все основные системы станции разрабатывались в ЦКБЭМ, изготовление основных систем и поставка комплектующих — в ЗЭМ, конструкторские чертежи выполнялись в ЦКБМ (Ф). Изготовление гермокорпуса, силового интерьера, основных элементов конструкции, общая сборка изделия проводились на заводе имени М. В. Хруничева. Комплексные испытания станции после сборки выполнялись в ЦКБЭМ.

За основу внешнего вида станции был взят пилотируемый орбитальный комплекс «Алмаз», который на тот момент уже в течение нескольких лет разрабатывался в ЦКБМ. Комплекс состоял из четырех частей: возвращаемого аппарата для экипажа, рабочего отсека, отсека с длиннофокусным фотоаппаратом «Агат» и агрегатного отсека с двигательной установкой.

Конструкция орбитальной станции создавалась на основе одного из отсеков орбитального блока станции «Алмаз», на котором устанавливались системы космического корабля «Союз». Сам корабль «Союз» (модификация 7К-Т) предлагалось использовать для доставки на станцию экипажа. Таким образом, было положено начало строительства первой в мире орбитальной станции. В течение всех последующих лет СССР, а затем Россия сохраняли приоритет в этой области космических исследований. Было показано, что орбитальные

¹⁾ См. Семенов Ю. П. (под ред.). Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева. — Менонсофполиграф, 1996. — С. 264.

²⁾ Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 105-41 от 9 февраля 1970 г.

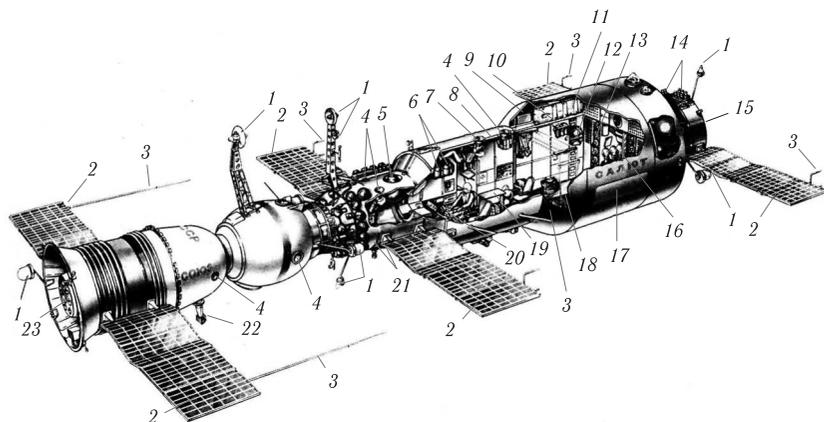


Рис. 6.1. Первая долговременная орбитальная станция «Салют» (ДОС-7К) с транспортным кораблем «Союз» (типа 7К-Т): 1 — антенны радиотехнической системы сближения; 2 — панели солнечных батарей; 3 — антенны радиотелеметрических систем; 4 — иллюминаторы; 5 — звездный телескоп «Орион»; 6 — установка для регенерации воздуха; 7 — кинокамера; 8 — фотоаппарат; 9 — аппаратура для биологических исследований; 10 — холодильник для продуктов питания; 11 — спальное место; 12 — баки системы водообеспечения; 13 — сборники отходов; 14 — двигатели системы ориентации; 15 — топливные баки; 16 — санитарно-гигиенический узел; 17 — датчик регистрации микрометеоритов; 18 — бегущая дорожка; 19 — рабочий стол; 20 — центральный пост управления; 21 — баллоны системы наддува; 22 — визир космонавта; 23 — двигательная установка корабля «Союз»

станции являются незаменимой базой в деле освоения космического пространства.

В дальнейших модификациях станции корпус ее был подвергнут значительным изменениям. Орбитальный блок станции (изделие 17К) состоял из переходного, рабочего и агрегатного отсеков и отсека научной аппаратуры. На наружной поверхности переходного герметичного отсека диаметром 2,1 м с агрегатом стыковки был установлен комплект солнечных батарей, заимствованных с корабля 7К-ОК. Рабочий отсек, являющийся самым большим и трудоемким, имел герметичную оболочку, состоящую из двух обечаек диаметром 2,9 и 4,1 м, соединенных между собой коническим переходником. Герметичный корпус был заимствован, как уже было сказано выше, с орбитального блока станции «Алмаз», а внутренний силовой интерьер и основные конструктивные элементы изготовлены вновь. Агрегатный отсек в негерметичном исполнении диаметром 2,1 м был предназначен для размещения корректирующей двигательной установки, заимствованной с корабля

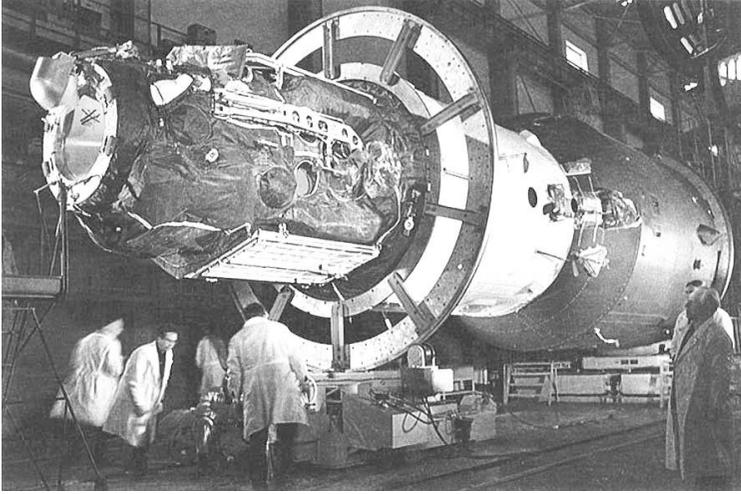


Рис. 6.2. Первая орбитальная станция ДОС-7К, установленная на монтажной тележке на космодроме Байконур

7К-ОК. Снаружи располагалась разработанная вновь система двухкомпонентных двигателей ориентации, а на его наружной поверхности был установлен второй комплект солнечных батарей, тоже заимствованных с корабля 7К-ОК. Отсек научной аппаратуры также разработан специально для ДОС и установлен на рабочем отсеке ¹⁾.

Системы ориентации и управления движением (гироскопические приборы, интегратор, вычислительное устройство, датчики угловых скоростей, система ручной ориентации, инфракрасная вертикаль, датчики ионного потока, визир пилота) и энергопитания (солнечные батареи, буферная химическая батарея, система регулирования заряда), радиосвязи «Заря», телеизмерений РТС-9 и радиоконтроля орбиты «Рубин», командная радиолиния ДРС, центральный пульт пилота, система сближения «Игла» и регенераторы кислорода были взяты с корабля 7К-ОК. Система управления бортовым комплексом была частично заимствована с корабля 7К-ОК, но в связи со значительным количеством новых систем, в частности научной аппаратуры, во многом доработана с введением новых приборов. Система терморегулирования была разработана вновь с использованием арматуры корабля 7К-ОК, причем одним из нововведений было термостатирование корпуса с помощью труб с теплоносителем, что обеспечивало герметичность уплотнений при длительном полете. Научное оборудование станции массой 1,5 т

¹⁾ См. Семенов Ю. П. (под ред.). Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева. — Менонсофполиграф, 1996. — С. 267.

включало: солнечный телескоп, рентгеновский телескоп (РТ-4), инфракрасный телескоп-спектрометр (ИТСК), визир с 60-кратным увеличением (ОД-4) и другую аппаратуру.¹⁾

Для отработки технических решений по станции был создан ряд экспериментальных установок и макетов: установка для отработки сброса головного обтекателя, «тепловой» макет для отработки системы терморегулирования и систем обеспечения жизнедеятельности, установка для отработки двигательных систем, «антенный» макет для проверки диаграммы направленности антенн радиотехнических систем, конструкторский макет для компоновки приборов и агрегатов и др.

Для оснащения станции требовалось научное оборудование, которое могло быть создано в приемлемые сроки. В его создании участвовали: ФИАН (рентгеновский телескоп РТ-2), Крымская астрофизическая обсерватория (солнечный телескоп ОСТ-1), Бюраканская астрофизическая обсерватория (ультрафиолетовый телескоп «Орион») и другие.

От начала разработки проекта до запуска станции на орбиту прошло меньше 16 месяцев. Еще никогда космические аппараты такой сложности не создавались в такие сжатые сроки.

19 апреля 1971 г. стартовала ракета-носитель УР-500К «Протон» с первой в мире долговременной орбитальной станцией ДОС № 1, которая получила название «Салют». Это название сохранилось для всей последующей серии орбитальных станций. Появление на орбите первой в мире орбитальной станции открыло новую эпоху в исследовании человеком космического пространства.

Первая экспедиция на станцию (космонавты В. А. Шаталов, А. С. Елисеев и Н. Н. Рукавишников) на корабле «Союз-10» стартовала



Рис. 6.3. Ракета-носитель «Протон» с орбитальной станцией «Салют» на старте

¹⁾ См. Семенов Ю. П. (под ред.). Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева. — Менонсофполиграф, 1996. — С. 268.

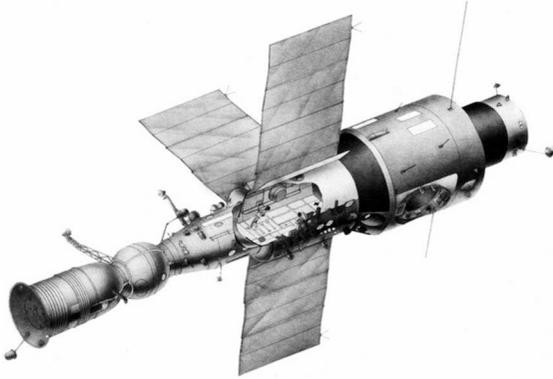


Рис. 6.4. Орбитальная станция «Салют» второго поколения

с космодрома Байконур 23 апреля 1971 г. Соединение корабля «Союз-10» со станцией прошло нормально, но из-за неполадок в стыковочном механизме штатная стыковка не состоялась, и экипажу пришлось вернуться на Землю. Следующими на орбиту должны были лететь космонавты А. А. Леонов, В. Н. Кубасов и П. И. Колодин, но В. Н. Кубасов перед стартом получил замечание по медицинским показателям и экипаж был снят с полета. Государственная комиссия утвердила следующий экипаж, который в качестве дублирующего также проходил подготовку к полету: Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков и В. И. Пацаев.

Вторая экспедиция стартовала на орбиту 6 июня 1971 г. на корабле «Союз-11». Стыковка и переход экипажа на станцию прошли нормально. Экипаж работал на орбите около 23 суток. Это время тогда было рекордным для работы человека в условиях космического полета.

30 июня 1971 г. «Союз-11» с экипажем был отстыкован от станции и совершил посадку на Землю. Приземление завершилось трагически: космонавты погибли. В связи с аварией полеты экипажей на станцию не проводились, и станция работала на орбите в беспилотном режиме. 11 октября 1971 г. по команде с Земли на станции был включен двигатель «на торможение», и станция вошла в плотные слои атмосферы над акваторией Тихого океана и прекратила свое существование. «Салют» работал на орбите около полуг.

Следующая станция «Салют» была аналогична первой. Она стартовала 29 июля 1972 г. Однако из-за аварии ракеты-носителя «Протон» станция на орбиту не вышла.

Проект второго поколения станции был выпущен еще в 1970 г. Основным изменением в этой станции по сравнению с первым «Салютом» было введение трех солнечных батарей, каждая из которых могла

Таблица 6.1

Основные характеристики станции «Салют» второго поколения¹⁾

Экипаж, чел.	2
Время полета орбитального блока, сут.	180
Параметры орбиты: высота, км наклонение, °	350 51,6
Ориентация станции в процессе полета: с точностью ориентация на Землю или определенные точки небесной сферы в сеансах исследований, °	трехосная орбитальная 1–3 30
Общая площадь солнечных батарей, м ²	60
Длина орбитального блока, м	14
Максимальный диаметр станции, м	4,15
Общая масса станции после стыковки, т	25
Масса научно-исследовательской и экспериментальной аппаратуры, т	2

поворачиваться вокруг своей продольной оси. Эти батареи устанавливались на рабочем отсеке и закрывались при выведении на орбиту ИСЗ головным обтекателем. Для компенсации увеличения массы, требуемой для введения таких солнечных батарей, было уменьшено количество баков двигательной установки, а для снижения потребности в топливе на коррекцию орбиты станции была увеличена ее высота до 350 км.

Кроме этого, на станции впервые были установлены сверхэкономичная система ориентации «Каскад» и экспериментальная система навигации «Дельта», в систему терморегулирования впервые был введен экспериментальный контур с тепловыми трубами, что оказалось очень перспективным для дальнейших поколений орбитальных станций, а также начата работа по созданию замкнутого цикла обеспечения экипажа водой, для чего была установлена система регенерации воды из конденсата (СРВ-К), с помощью которой выделяемая экипажем вода собирается, очищается и становится пригодной для питья.

Гарантированный ресурс работы станции на орбите был продлен с 90 (на первой станции «Салют») до 180 сут. Было установлено новое научное оборудование: рентгеновский телескоп-спектрометр, зеркальный рентгеновский телескоп РТ-4, инфракрасный телескоп-спектрометр ИТС-К и другие научные приборы.

В декабре 1972 г. орбитальный блок был отправлен на стартовую позицию. Первая из станций второго поколения — ДОС № 3 («Космос-557») была выведена на орбиту 11 мая 1973 г. Для коррекции ее орбиты была включена система ориентации, однако из-за отказа датчиков ионного потока системы управления движением станции на участке вне зоны радиовидимости произошла полная выработка топлива корректирующей двигательной установки, что исключило ее нормальное функционирование на орбите.¹⁾

Станция прекратила свое существование в мае 1973 г.

Одновременно с полетами станций ДОС шла работа по программе «Алмаз», которая решала задачи Министерства обороны.

26 июня 1974 г. на орбиту была выведена станция «Алмаз», получившая название «Салют-3», просуществовавшая 7 мес. На станцию «Салют-3» на корабле «Союз-14» 3 июля 1974 г. был доставлен экипаж в составе П. Р. Поповича и Ю. П. Артюхина. После 15 сут полет первого экипажа новой станции был успешно завершён.

Следующая экспедиция в составе Г. В. Сарафанова, Л. С. Демина стартовала на корабле «Союз-15» 26 августа 1974 г. Экипаж проводил маневрирование и сближение со станцией в различных режимах, но не состыковался с нею и после двухсуточного полета впервые произвел посадку в ночное время.

В ходе запланированного 90-суточного ориентированного полета станции «Салют-3» в пилотируемом и автоматическом режимах отработывались электромеханическая система стабилизации, солнечные батареи с поворотными панелями и другие системы. По завершении программы 23 сентября от станции был отделен возвращаемый аппарат с материалами исследований. Полет станции в автоматическом режиме был продлен еще на три месяца. 24 января 1975 г., в соответствии с заложённой программой, станция достигла акватории Тихого океана и прекратила свое существование.

26 декабря 1974 г., еще до завершения полета станции «Салют-3» в автоматическом режиме, в космос была выведена очередная долговременная орбитальная станция «Салют-4» (ДОС № 4), аналогичная по своей конструкции была ДОС № 3.

Первая экспедиция стартовала на станцию на «Союзе-17» (космонавты А. А. Губарев и Г. М. Гречко) работала на орбите с 11 января по 9 февраля 1975 г. Следующая экспедиция (космонавты В. Г. Лазарев и О. Г. Макаров) не состоялась из-за аварии ракеты-носителя на участке выведения. Спускаемый аппарат корабля вместе с космонавтами по аварийной программе был отделен от ракеты-носителя и опустился

¹⁾ См. Семенов Ю. П. (под. ред.). Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева. — Менонсофполиграф, 1996. — С. 272.

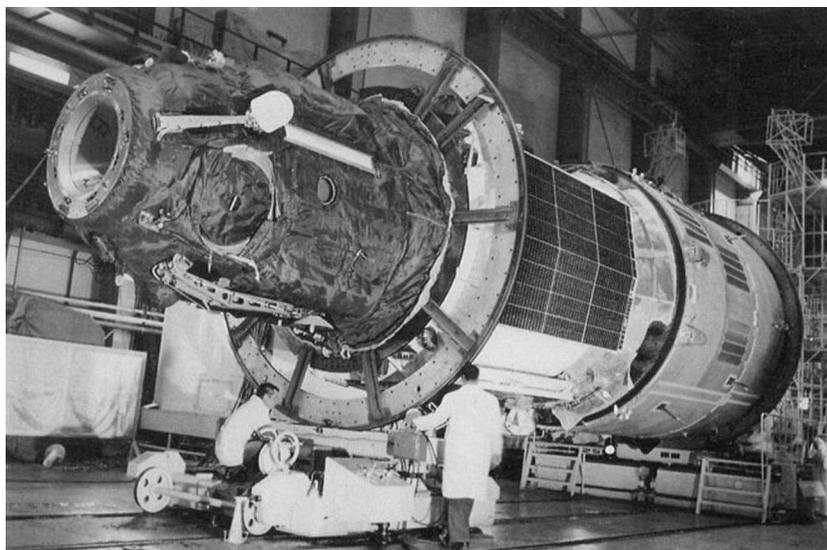


Рис. 6.5. Орбитальная станция «Салют-4» на монтажной тележке

на Землю в горах Алтая. Вторая экспедиция стартовала на станцию на «Союзе-18» (космонавты П. И. Климук и В. И. Севастьянов), работала на орбите с 24 мая по 26 июля 1975 г. в течение 63 сут. Это было рекордное время пребывания человека в условиях космического полета. Полет этой экспедиции совпал с первым советско-американским полетом «Союз»–«Аполлон».

Ограничения по ресурсу корабля «Союз» оказывали существенное влияние на эффективность использования орбитальных станций. Необходимо было провести работы по обеспечению более длительного функционирования на орбите транспортных кораблей. Для подтверждения ресурса «Союзов» к станции «Салют-4» был пристыкован корабль «Союз-20» без экипажа, который функционировал на орбите вместе со станцией в течение 3 мес (с 17 ноября 1975 г. по 16 февраля 1976 г.). 3 февраля 1977 г. по команде с Земли станция «Салют-4» прекратила свое существование над южной частью Тихого океана.

Следующая орбитальная станция — «Салют-5» была выведена на околоземную орбиту 22 июня 1976 г. Ее полет осуществлялся как в автоматическом режиме, так и с экипажем на борту. Первая экспедиция стартовала на станцию на «Союзе-21» (космонавты Б. В. Волинов и В. М. Жолобов) и работала на орбите с 7 июля по 24 августа 1976 г. В течение 48-суточного полета на борту станции космонавты выполнили очень насыщенную программу исследований.

Для продолжения работ на станции следующий экипаж (космонавты В. Д. Зудов и В. И. Рождественский) стартовал 14 октября 1976 г. на корабле «Союз-23». Из-за нештатного режима работы системы управления сближением корабля стыковка со станцией была отменена. 16 октября 1976 г. «Союз-23» с экипажем вернулся на Землю. Впервые посадка пилотируемого спускаемого аппарата была произведена не на сушу, а на воду (поверхность озера Тенгиз), что допускается конструкцией кораблей, предусматривающей посадку на воду.

Кораблем «Союз-24», стартовавшем 7 февраля 1977 г., на борт станции «Салют-5» была доставлена вторая экспедиция (космонавты В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазков), проработавшая с 8 по 25 февраля 1977 г. Экипаж полностью выполнил программу работ на станции.

После завершения пилотируемой части программы полета 26 февраля 1977 г. со станции была спущена на Землю автоматическая капсула с материалами исследований и экспериментов.¹⁾

Станция «Салют-5» была сведена с орбиты 8 августа 1977 г. и прекратила существование над заданным районом акватории Тихого океана.

Следующая ДОС № 5 «Салют-6» была представителем нового поколения долговременных орбитальных станций. Основные изменения в конструкциях и системах новой станции были сделаны с целью увеличения продолжительности работы в пилотируемом режиме и объема проводимых исследований и экспериментов.

На «Салюте-6» со стороны агрегатного отсека установлены: второй стыковочный агрегат, связанный с рабочим отсеком герметичной промежуточной камерой; новая объединенная двигательная установка, которая может многократно заправляться в полете; дополнительная аппаратура, обеспечивающая возможность автоматического сближения и причаливания транспортного корабля к станции со стороны агрегатного отсека.²⁾

Станция «Салют-6» состояла из пяти отсеков: переходного, рабочего, промежуточного, агрегатного и отсека научной аппаратуры. Рабочий отсек был образован двумя цилиндрическими оболочками (диаметром 2,9 и 4,15 м, длиной соответственно 3,5 и 2,7 м), соединенными конической оболочкой (длина вдоль оси 1,2 м), торцы отсека закрыты сферическими днищами. Снаружи рабочего отсека были установлены три солнечных батареи общей площадью 60 м² с автоматической ориентацией на Солнце.

¹⁾ См. Глушко В. П. (под ред.). Космонавтика. Энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 342.

²⁾ См. Глушко В. П. (под ред.). Космонавтика. Энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 342.

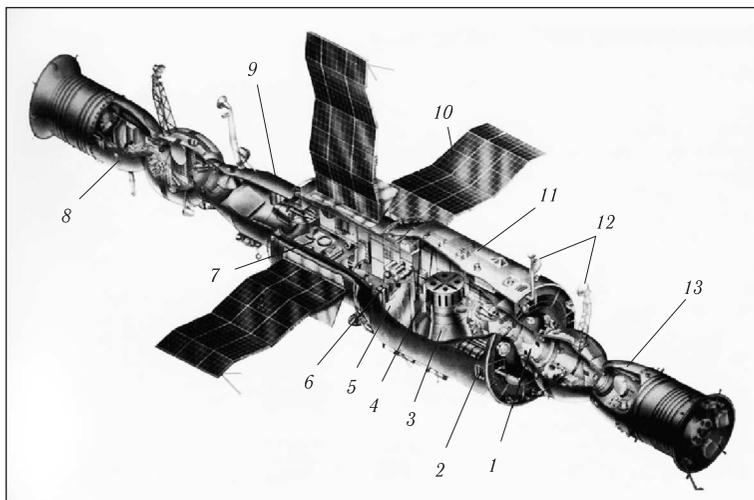


Рис. 6.6. Орбитальная станция с двумя стыковочными агрегатами «Салют-6», к которой могли пристыковываться два космических корабля: 1 — переходная камера; 2 — двигатели ориентации; 3 — отсек научной аппаратуры; 4 — бегущая дорожка; 5 — душевая установка; 6 — фотоаппарат МКФ-6М; 7 — центральный пост управления; 8 — транспортный корабль; 9 — переходный отсек; 10 — солнечные батареи; 11 — рабочий отсек; 12 — антенна системы сближения; 13 — транспортный корабль

Переходный отсек, который также служил шлюзом для выхода космонавтов в открытый космос, соединялся с рабочим через люк. На внешнем торце переходного отсека был установлен стыковочный агрегат для пилотируемых транспортных кораблей.

Промежуточный отсек соединялся с рабочим через люк со стороны, противоположной переходному отсеку. Промежуточный отсек, так же как и переходный, состоял из цилиндрической и конической частей (его длина составляла 1,3 м). На нем был установлен стыковочный агрегат, пригодный как для пилотируемого космического корабля, так и для грузового.

Агрегатный отсек цилиндрической формы (его диаметр 4,1 м, длина 2,2 м) также крепился к рабочему отсеку со стороны заднего днища. Он был негерметичен, в нем размещалась объединенная двигательная установка: 6 топливных баков, 2 корректирующих двигателя, 32 двигателя ориентации, блок компрессоров системы дозаправки топливом.

Отсек научной аппаратуры — коническая ниша в рабочем отсеке, в которой был установлен бортовой субмиллиметровый телескоп БСТ-1М с автоматическим и ручным управлением и системой охлаждения приемника телескопа.

Для обслуживания орбитальной станции на базе КК «Союз» был создан грузовой автоматический транспортный корабль «Прогресс», который обеспечивал доставку на станцию дополнительных запасов средств обеспечения жизнедеятельности, топлива, различного оборудования и приборов.

29 сентября 1977 г. станция «Салют-6» была выведена на околоземную орбиту. 9 октября того же г. к ней направился корабль «Союз-25» (космонавты В. В. Коваленок и В. В. Рюмин). Автоматическое сближение корабля со станцией прошло нормально, но из-за отклонений от предусмотренного режима причаливания стыковка была отменена и после двухсуточного полета экипаж вернулся на Землю.

Корабль «Союз-26», стартовавший 10 декабря 1977 г., доставил на следующий день на борт станции «Салют-6» первую экспедицию в составе космонавтов Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко.

10 января 1978 г. стартовал корабль «Союз-27», доставивший на борт станции «Салют-6» второй экипаж в составе командира В. А. Джанибекова и бортинженера О. Г. Макарова. На борту пилотируемого орбитального научно-исследовательского комплекса, впервые образованного орбитальной станцией и двумя космическими кораблями: «Союз-26»–«Салют-6»–«Союз-27», совместные исследования начали проводить четыре космонавта. После выполнения предусмотренных программой совместных с первым экипажем пятидневных исследований В. А. Джанибеков и О. Г. Макаров вернулись на Землю на корабле основного экипажа.

20 января 1978 г. произведен старт первого космического грузового корабля «Прогресс-1», состыковавшегося 22 января со станцией со стороны агрегатного отсека. Сближение и стыковка космических аппаратов осуществлялась в полностью автоматическом режиме. Так был образован новый орбитальный комплекс «Союз-27»–«Салют-6»–«Прогресс-1».

Полет станции «Салют-6», продолжавшийся 4 г. 10 мес, был завершен 29 июля 1982 г. За время существования станции было проведено большое число научно-технических и медико-биологических экспериментов, накоплен богатый опыт использования долговременных космических станций (см. табл. 6.2).

Сокращения:

КА — космический аппарат;

КК — космический корабль;

ОС — орбитальная станция;

РН — ракета-носитель;

СА — спускаемый аппарат;

СКДУ — сближающе-корректирующая двигательная установка;

ЭО — экспедиция основная; ЭП — экспедиция посещения.

Таблица 6.2

Хронология по программе полетов орбитальной станции «Салют-6»

№	Космический аппарат	Экипаж, груз	Сроки и длительность полета		Примечания
			экипажа	КА	
1	«Салют-6»	—		29.09.1977– 29.07.1982 4 г. 10 мес (пилотируемый режим — 676 сут)	
2	«Союз-25»	КОВАЛЁНОК Владимир Васильевич РЮМИН Валерий Викторович	9–11.10.1977 2 сут 00 ч 45 мин	9–11.10.1977 2 сут 00 ч 45 мин	Из-за отклонений в режиме сбли- жения стыковка с ОС «Салют-6» не состоялась
3	«Союз-26»– «Салют-6»	РОМАНЕНКО Юрий Викторович ГРЕЧКО Георгий Михайлович	10.12.1977– 16.03.1978 96 сут 10 ч 7 с		ЭО-1
4	«Союз-27»– «Салют-6»	ДЖАНИБЕКОВ Владимир Александрович МАКАРОВ Олег Григорьевич	10–16.01.1978 5 сут 22 ч 59 мин		ЭП
5	«Прогресс-1»– «Салют-6»	автоматический груз — 2147 кг		20.01– 8.02.1978 18 сут 18 ч 15 мин	
6	«Союз-28»– «Салют-6»	ГУБАРЕВ Алексей Александрович РЕМЕК Владимир (Чехословакия)	2–10.03.1978 7 сут 22 ч 16 мин		ЭП по программе «Интеркосмос»
7	«Союз-29»– «Салют-6»	КОВАЛЁНОК Владимир Васильевич ИВАНЧЕНКОВ Александр Сергеевич	15.06– 2.11.1978 139 сут 14 ч 48 мин		ЭО-2
8	«Союз-30»– «Салют-6»	КЛИМУК Петр Ильич ГЕРМАШЕВСКИЙ Мирослав (Польша)	27.06– 5.07.1978 7 сут 22 ч 03 мин		ЭП по программе «Интеркосмос»
9	«Прогресс-2»– «Салют-6»	автоматический груз — 1858 кг		17.07– 4.08.1978 27 сут 14 ч 06 мин	
10	«Прогресс-3»– «Салют-6»	автоматический груз — 1951 кг		8–24.08.1978 15 сут 18 ч 59 мин	
11	«Союз-31»– «Салют-6»	БЫКОВСКИЙ Валерий Федорович ЙЕН Зигмунд (ГДР)	26.08– 3.09.1978 7 сут 20 ч 49 мин		ЭП по программе «Интеркосмос»

Продолжение таблицы 6.2

Хронология по программе полетов орбитальной станции «Салют-6»

№	Космический аппарат	Экипаж, груз	Сроки и длительность полета		Примечания
			экипажа	КА	
12	«Прогресс-4»– «Салют-6»	автоматический груз — 2149 кг		4–26.10.1978 22 сут 17 ч 19 мин	
13	«Союз-32»– «Салют-6»	ЛЯХОВ Владимир Афанасьевич РЮМИН Валерий Викторович	25.02– 19.08.1979 175 сут 00 ч 36 мин		ЭО-3
14	«Прогресс-5»– «Салют-6»	автоматический груз — 1585 кг		12.03– 5.04.1979 23 сут 19 ч 17 мин	
15	«Союз-33»	РУКАВИШНИКОВ Николай Николаевич ИВАНОВ Георгий Иванов (Болгария)	10–12.04.1979 1 сут 23 ч 01 мин	10–12.04.1979 1 сут 23 ч 01 мин	Из-за аварии СКДУ КК сты- ковка с ОС «Салют-6» не со- стоялась
16	«Прогресс-6»– «Салют-6»	автоматический груз — 1487 кг		13.05– 9.06.1979 27 сут 14 ч 34 мин	
17	«Союз-34»– «Салют-6»	без экипажа		6.06– 19.08.1979 173 сут 18 ч 17 мин	
18	«Прогресс-7»– «Салют-6»	автоматический груз — 1313 кг		28.06– 20.07.1979 121 сут 16 ч 32 мин	
19	«Союз Т»– «Салют-6»	беспилотный		16.12.1979– 26.03.1980 100 сут 09 ч 32 мин	
20	«Прогресс-8»– «Салют-6»	автоматический груз — 1759 кг		27.03– 26.04.1980 129 сут 12 ч 49 мин	
21	«Союз-35»– «Салют-6»	ПОПОВ Леонид Иванович РЮМИН Валерий Викторович	9.04– 11.10.1980 184 сут 20 ч 12 мин		ЭО-4
22	«Прогресс-9»– «Салют-6»	автоматический груз — 1780 кг		27.04– 22.05.1980 124 сут 19 ч 11 мин	
23	«Союз-36»– «Салют-6»	КУБАСОВ Валерий Николаевич ФАРКАШ Берталан (Венгрия)	26.05– 3.06.1980 7 сут 20 ч 46 мин		ЭП по программе «Интеркосмос»

Окончание таблицы 6.2

Хронология по программе полетов орбитальной станции «Салют-6»

№	Космический аппарат	Экипаж, груз	Сроки и длительность полета		Примечания
			экипажа	КА	
24	«Союз Т-2»– «Салют-6»	МАЛЫШЕВ Юрий Васильевич АКСЁНОВ Владимир Викторович	5–9.06.1980 3 сут 22 ч 20 мин		ЭП
25	«Прогресс-10»– «Салют-6»	автоматический груз — 2117 кг		29.06– 19.07.1980 19 сут 21 ч 59 мин	
26	«Союз-37»– «Салют-6»	ГОРБАТКО Виктор Васильевич ФАМ Туан (Вьетнам)	23–31.07.1980 7 сут 20 ч 42 мин		ЭП по программе «Интеркосмос»
27	«Союз-38»– «Салют-6»	РОМАНЕНКО Юрий Викторович ТАМАЙО МЕНДЕС Арналдо (Куба)	18–26.09.1980 7 сут 20 ч 43 мин		ЭП по программе «Интеркосмос»
28	«Прогресс-11»– «Салют-6»	автоматический груз — 2086 кг		28.09– 11.12.1980 73 сут 23 ч 41 мин	
29	«Союз Т-3»– «Салют-6»	КИЗИМ Леонид Денисович МАКАРОВ Олег Григорьевич СТРЕКАЛОВ Геннадий Михайлович	27.11– 10.12.1980 12 сут 19 ч 08 мин	27.11– 10.12.1980 12 сут 19 ч 08 мин	ЭП
30	«Прогресс-12»– «Салют-6»	автоматический груз — 2100 кг		24.01– 20.03.1981 55 сут 03 ч 29 мин	
31	«Союз Т-4»– «Салют-6»	КОВАЛЁНОК Владимир Васильевич САВИНЫХ Виктор Петрович	12.03– 26.05.1981 74 сут 17 ч 37 мин	12.03– 26.05.1981 74 сут 17 ч 37 мин	ЭО-5
32	«Союз-39»– «Салют-6»	ДЖАНИБЕКОВ Владимир Александрович ЖУГДЭРДЭМИДИЙН Гуррагча (Монголия)	22–30.1981 7 сут 20 ч 42 мин	22–30.1981 7 сут 20 ч 42 мин	ЭП по программе «Интеркосмос»
33	«Космос-1267»– «Салют-6»	автоматический		25.04.1981– 29.07.1982 460 сут 05 ч 29 мин	
34	«Союз-40»– «Салют-6»	ПОПОВ Леонид Иванович ПРУНАРИУ Думитру (Румыния)	14–22.05.1981 7 сут 20 ч 42 мин	14–22.05.1981 7 сут 20 ч 42 мин	ЭП по программе «Интеркосмос»



Рис. 6.7. Орбитальная станция «Салют-7» с пристыкованным кораблем «Союз Т-6», дооснащенная в ходе полета дополнительными солнечными батареями

Следующей станцией этого поколения стала станция ДОС № 5-2 («Салют-7»), выведенная на орбиту 19 апреля 1982 г. Новая станция в основе была схожа с «Салютом-6»: имела аналогичные отсеки, промежуточную камеру, сходные компоновку приборов и оборудования, состав и основные характеристики служебных систем. Основные отличия были связаны с новыми исследованиями и экспериментами: установлено усовершенствованное оборудование и приборы, модернизированы элементы и системы жизнеобеспечения; увеличено число элементов фиксации (скоб, крюков), что позволило расширить объем работ в открытом космосе и увеличить время нахождения космонавтов в скафандрах вне герметичных отсеков до 5 ч (на ОР «Салют-6» — 3,5 ч).¹⁾ Была предусмотрена возможность навешивания в полете до-

полнительных солнечных батарей, что резко увеличивало энерговооруженность «Салюта-7». Станция была снабжена современной системой управления на базе вычислительной машины «Салют-5Б» и гидродинами для обеспечения безрасходного режима ориентации.²⁾

Первый основной экипаж (А. Н. Березовой, В. В. Лебедев) был доставлен на станцию 13 мая 1982 г. на КК «Союз Т-5».

В общей сложности на станции работали 6 основных экипажей и 5 экспедиций посещения.

Со 2 октября 1984 г., после того, как станцию «Салют-7» покинул экипаж третьей основной экспедиции, она продолжила свой полет в автоматическом режиме. После четырех месяцев полета в законсервированном состоянии, в феврале 1985 г., выход одного из блоков радиосистемы станции «Салют-7» привел к потере радиосвязи с ней. В результате станция стала «молчащей» и неуправляемой. Только экипаж

¹⁾ См. Глушко В. П. (под ред.). Космонавтика. Энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 343.

²⁾ См. Семенов Ю. П. (под ред.). Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева. — Менонсофполиграф, 1996. — С. 303.

на ее борту мог провести ремонтно-восстановительные работы. Для выполнения этой задачи 6 июня 1985 г. стартовал корабль «Союз Т-13» (космонавты В. А. Джанибеков и В. П. Савиных). После выполнения коррекции орбиты утром 8 июня корабль в режиме ручного управления сблизился со станцией, облетел ее, подошел к переходному отсеку и пристыковался. После стыковки космонавты проверили герметичность станции, провели химический анализ ее атмосферы, убедились в отсутствии вредных примесей и осуществили переход на станцию. При этом они обнаружили, что электропитание отсутствовало, вся бортовая аппаратура перестала работать. Благодаря экипажу станции и специалистам из Центра управления полетом работоспособность орбитального комплекса была восстановлена.

25 июня 1986 г. станцию «Салют-7» покинул последний экипаж (космонавты В. А. Соловьев и Л. Д. Кизим). Орбитальный комплекс продолжил свой полет в автоматическом режиме.

С целью изучения влияния различных факторов космического полета на бортовые системы, оборудование и элементы орбитальных комплексов в условиях длительного использования было принято решение о подъеме станции «Салют-7» на более высокую орбиту. 19–22 августа 1986 г. комплекс был переведен на орбиту с высотой в апогее 492 км, в перигее 474 км. В результате комплекс без дополнительных коррекций находился на орбите до 7 февраля 1991 г. В этот день станция «Салют-7» вместе с пристыкованным к ней кораблем ТКС («Космос-1686») прекратила свое существование в плотных слоях атмосферы над Южной Америкой в районе Чили.

Хронологию по программе полетов орбитальной станции «Салют-7» см. в табл. 6.3, полеты орбитальных станций «Салют» — в табл. 6.4.

Сокращения:

КА — космический аппарат;

КК — космический корабль;

ОС — орбитальная станция;

РН — ракета-носитель;

СА — спускаемый аппарат;

СКДУ — сближающе-корректирующая двигательная установка;

ЭО — экспедиция основная;

ЭП — экспедиция посещения.

Таблица 6.3

Хронология по программе полетов орбитальной станции «Салют-7»

№	Космический аппарат	Экипаж, груз	Сроки и длительность полета		Примечания
			экипажа	КА	
1	«Салют-7»	—		19.04.1982– 07.02.1991 8 лет 9 мес 18 сут (пилотируемый режим — 810 сут)	
2	«Союз Т-5»– «Салют-7»	БЕРЕЗОВОЙ Анатолий Николаевич ЛЕБЕДЕВ Валентин Витальевич	13.05– 10.12.1982 211 сут 09 ч 05 мин		ЭО-1
3	«Прогресс-13»– «Салют-7»	автоматический груз — 2116 кг		23.05– 6.06.1982 13 сут 18 ч 55 мин	
4	«Союз Т-6»– «Салют-7»	ДЖАНИБЕКОВ Владимир Александрович ИВАНЧЕНКОВ Александр Сергеевич КРЕТЬЕН Жан-Лу (Франция)	24.06– 2.07.1982 7 сут 21 ч 51 мин		ЭП программе СССР – Франция
5	«Прогресс-14»– «Салют-7»	автоматический груз — 1981 кг		10.07– 13.08.1982 33 сут 16 ч 22 мин	
6	«Союз Т-7»– «Салют-7»	ПОПОВ Леонид Иванович СЕРЕБРОВ Александр Александрович САВИЦКАЯ Светлана Евгеньевна	19–27.08.1982 7 сут 21 ч 52 мин		ЭП
7	«Прогресс-15»– «Салют-7»	автоматический груз — 1969 кг		18.09– 16.10.1982 28 сут 11 ч 57 мин	
8	«Прогресс-16»– «Салют-7»	автоматический груз — 2136 кг		31.10– 14.12.1982 44 сут 06 ч 44 мин	
9	«Космос-1443»– «Салют-7»	автоматический груз — 4027 кг		2.03– 19.09.1983 200 сут 16 ч 44 мин	
10	«Союз Т-8»	ТИТОВ Владимир Георгиевич СТРЕКАЛОВ Геннадий Михайлович СЕРЕБРОВ Александр Александрович	20–22.04.1983 2 сут 00 ч 18 мин		Из-за нештатной работы системы сближения сты- ковка с ОС «Са- лют-7» не сос- тоялась

Продолжение таблицы 6.3

Хронология по программе полетов орбитальной станции «Салют-7»

№	Космический аппарат	Экипаж, груз	Сроки и длительность полета		Примечания
			экипажа	КА	
11	«Союз Т-9»– «Салют-7»	ЛЯХОВ Владимир Афанасьевич АЛЕКСАНДРОВ Александр Павлович	27.06– 23.11.1983 149 сут 10 ч 46 мин		ЭО-2
12	«Прогресс-17»– «Салют-7»	автоматический груз — 1968 кг		17.08– 18.09.1983 31 сут 11 ч 35 мин	
13	«Союз Т» (без номера)	ТИТОВ Владимир Георгиевич СТРЕКАЛОВ Геннадий Михайлович	26.09.1983	26.09.1983	За 48 с до старта загорелась РН, сработала сис- тема аварийно- го спасения
14	«Прогресс-18»– «Салют-7»	автоматический груз — 1879 кг		20.10– 16.11.1983 26 сут 19 ч 02 мин	
15	«Союз Т-10» – «Салют-7»	КИЗИМ Леонид Денисович СОЛОВЬЕВ Владимир Алексеевич АТЬКОВ Олег Юрьевич	8.02– 2.10.1984 236 сут 22 ч 50 мин		ЭО-3
16	«Прогресс-19»– «Салют-7»	автоматический груз — 2094 кг		21.02– 1.04.1984 40 сут 12 ч 32 мин	
17	«Союз Т-11» – «Салют-7»	МАЛЫШЕВ Юрий Васильевич СТРЕКАЛОВ Геннадий Михайлович ШАРМА Ракеш (Индия)	3–11.04.1984 7 сут 21 ч 41 мин		ЭП по программе СССР – Индия
18	«Прогресс-20»– «Салют-7»	автоматический груз — 2376 кг		15.04– 7.06.1984 21 сут 23 ч 47 мин	
19	«Прогресс-21»– «Салют-7»	автоматический груз — 2080 кг		18–26.05.1984 18 сут 16 ч 13 мин	
20	«Прогресс-22»– «Салют-7»	автоматический груз — 2126 кг		28.05– 15.07.1984 48 сут 04 ч 42 мин	
21	«Союз Т-12»– «Салют-7»	ДЖАНИБЕКОВ Владимир Александрович САВИЦКАЯ Светлана Евгеньевна ВОЛК Игорь Петрович	17–29.07.1984 11 сут 19 ч 14 мин		ЭП

Окончание таблицы 6.3

Хронология по программе полетов орбитальной станции «Салют-7»

№	Космический аппарат	Экипаж, груз	Сроки и длительность полета		Примечания
			экипажа	КА	
22	«Прогресс-23»– «Салют-7»	автоматический груз — 2267 кг		14–28.08.1984 13 сут 19 ч 51 мин	
23	«Союз Т-13»– «Салют-7»	ДЖАНИБЕКОВ Владимир Александрович САВИНЫХ Виктор Петрович	6.06–26.09.1985 112 сут 03 ч 12 мин 6.06–21.11.1985 168 сут 03 ч 51 мин	6.06–26.09.1985 112 сут 03 ч 12 мин	ЭО-4, стыковка с некооперируе- мой ОС ЭО-4, ЭО-5
24	«Прогресс-24»– «Салют-7»	автоматический груз — 1977 кг		21.06–15.07.1985 24 сут 20 ч 54 мин	
25	«Космос-1669»– «Салют-7»	автоматический груз — 2254 кг		19.07–30.08.1985 41 сут 11 ч 03 мин	
26	«Союз Т-14»– «Салют-7»	ВАСЮТИН Владимир Владимирович ГРЕЧКО Георгий Михайлович ВОЛКОВ Александр Александрович	17.09–21.11.1985 64 сут 21 ч 52 мин 17–26.09.1985 8 сут 21 ч 13 мин 17.09–21.11.1985 64 сут 21 ч 52 мин	17.09–21.11.1985 64 сут 21 ч 52 мин	ЭО-5, из-за бо- лезни В. В. Васю- тина программа сокращена ЭП ЭО-5
27	«Космос-1686»– «Салют-7»	автоматический груз — 6400 кг		27.09.1985– 7.02.1991 5 лет 4 месяца 10 сут 19 ч 05 мин	
28	«Мир»	—		20.02.1986–...	
29	«Союз Т-15»– «Мир»– «Салют-7»– «Мир»	КИЗИМ Леонид Денисович СОЛОВЬЕВ Владимир Алексеевич	13.03–16.07.1986 125 сут 00 ч 01 мин	13.03–16.07.1986 125 сут 00 ч 01 мин	ЭО-1 ОС «Мир» ЭО-6 ОС «Салют-7» Первый межорбитальный перелет

Т а б л и ц а 6.4

Полеты орбитальных станций «Салют»¹⁾

Орбитальная станция	Дата запуска и прекращения существования	Начальные параметры орбиты				Число КА, осуществивших стыковку с ОС	Число экспедиций и продолжительность их пребывания на борту ОС	Основные результаты полетов
		Высота в перигее, км	Высота в апогее, км	Наклонение, °	Период обращения, мин			
«Салют»	19.04–11.10.1976	200	222	51,6	88,5	2	Одна; 22 сут	Проверка работы аппаратуры, оборудования и конструкций. Комплексные научно-технич. исследования и эксперименты
«Салют-2»	03.04.–24.04.1973	215	260	51,6	89,0	—	—	Отработка конструкции станции и бортовой аппаратуры
«Салют-3»	26.06.1974–25.01.1975	219	270	51,6	89,1	1	Одна; 14 сут	Комплексные научно-технические исследования и эксперименты
«Салют-4»	26.12.1974–03.02.1977	219	270	51,6	89,1	3	Две; 28 и 63 сут	Комплексные научно-технические исследования и эксперименты
«Салют-5»	22.06.1976–08.08.1977	219	260	51,1	89,0	2	Две; 48 и 17 сут	
«Салют-6»	29.09.1977–29.07.1982	219	275	51,6	89,1	31	5 основных — 96; 139; 174; 185; 74 сут; 11 краткосрочных — от 3 до 12 сут	Комплексные научно-технич. исследования и эксперименты: проведение операции в открытом космосе; ремонтно-профилактические работы
«Салют-7»	19.04.1982	219	278	51,6	89,2	11	2 основных — 211 и 150 сут; 2 краткосрочных — до 7 сут	Комплексные научно-технич. исследования и эксперименты: проведение операции в открытом космосе; ремонтно-профилактические работы

¹⁾См. Глушко В. П. (под ред.). Космонавтика. Энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 343.

Глава 7

ОРБИТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ

«МИР» (1986–2001 ГГ.)

7.1. Состав и конфигурация орбитальной станции «Мир»

Орбитальная станция «Мир» стала логическим продолжением программы поэтапного обживания человеком околоземного космического пространства. Она вобрала в себя весь опыт своих предшественниц — долговременных орбитальных станций серии «Салют», особенно станций «Салют-6» и «Салют-7».

Головной разработчик станции «Мир» — Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королева.

Разработчик и изготовитель базового блока и модулей — Государственный космический научно-производственный центр им. М. В. Хруничева.

В создании станции «Мир», ее эксплуатации и обеспечении полета участвовало около 200 предприятий и организаций, в том числе ЦНИИ машиностроения, Ракетно-космический центр «ЦСКБ-Прогресс», КБ общего машиностроения, Центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина, Институт медико-биологических проблем и другие академические и отраслевые институты.

Первый элемент станции «Мир» — ее базовый блок — был выведен на орбиту 20 февраля 1986 г. Выведение осуществлялось с помощью ракеты-носителя «Протон-К», стартовавшей с космодрома Байконур в 00 ч 28 мин 23 с по московскому времени (19 февраля в 21 ч 28 мин 23 с по Гринвичу).

Главная задача на первом этапе полета новой станции — провести испытания элементов конструкции, бортовых систем, аппаратуры и оборудования, проверить различные режимы управления станцией, отработать взаимодействие с наземными службами. Космонавтам предстояло установить на штатные рабочие места многие приборы, которые при запуске станции были упакованы и закреплены в стенных шкафах, и то оборудование, которое должны привезти к ним грузовые корабли.

Еще тогда, да и сейчас тоже можно услышать высказывания, что станцию «Мир» торопились запустить, готовя подарок к XXVII съезду

КПСС, поэтому, мол, выпихнули в космос пустую банку, а уже потом на орбите стали оснащать ее необходимыми приборами и оборудованием. Повод для таких высказываний был, поскольку в то время все старались встречать съезды трудовыми успехами, да и в сообщении ТАСС прямо говорилось, чему посвящено новое достижение советской космонавтики. Но, по существу, надо сказать, что грузоподъемность ракеты-носителя имеет свои ограничения. Масса базового блока (20,9 т) уже была близка к предельной, которую «Протон» мог вывести на низкую эллиптическую орбиту. А дальнейшее маневрирование в космосе «Мир» осуществлял уже с помощью своих двигателей. Кстати, именно опыт последовательного дооснащения станции «Мир» сейчас используется при создании Международной космической станции.

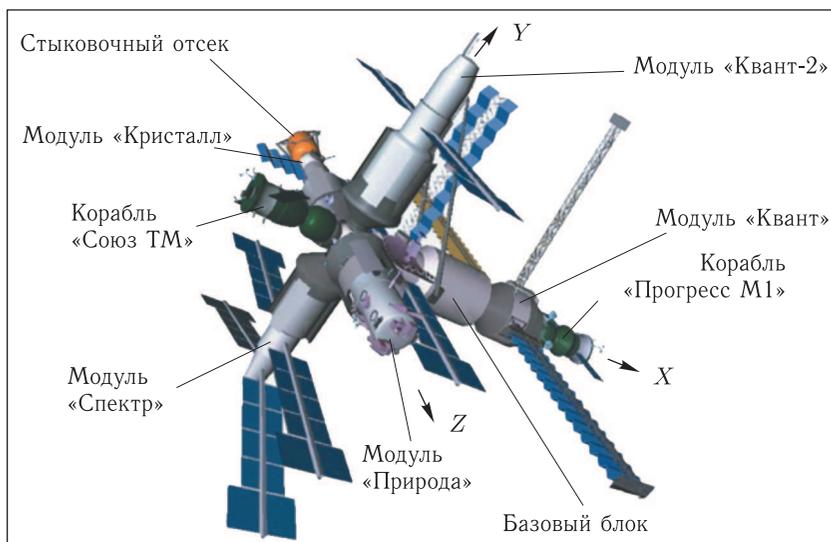


Рис. 7.1. Орбитальная станция «Мир» в полной конфигурации

Станция «Мир» в составе только одного базового блока была уже пригодна к эксплуатации и могла обеспечивать необходимые условия для длительной работы экипажей на ее борту. Но этот запуск стал лишь началом уникального строительства — создания на околоземной орбите многоцелевого постоянно действующего пилотируемого комплекса модульного типа. Модульное построение позволяло делать гибкими не только программы научных исследований, но и процессы поиска инженерно-конструкторских решений по дальнейшему строительству и дооснащению космической станции.

Полной конфигурации станция «Мир» достигла в 1996 г., когда в ее состав вошел последний элемент — модуль «Природа».

В полной конфигурации станция «Мир» выглядела следующим образом: основа станции — базовый блок, к которому пристыкованы пять модулей: «Квант», «Квант-2», «Кристалл», «Спектр», «Природа». К модулю «Кристалл» присоединен стыковочный отсек. Все эти элементы входили в постоянный состав станции «Мир». Кроме них в ее составе могли находиться пилотируемые корабли типа «Союз» и автоматические грузовые корабли типа «Прогресс», с помощью которых осуществлялись коррекции орбиты станции.

За время полета в составе станции и на ее внешней поверхности появились также элементы, которые ранее не предусматривались, и предложения об их создании появились уже в ходе полета. Это, например, стыковочный отсек для приема американских кораблей системы «Спейс шаттл», телескопические грузовые стрелы для транспортировки космонавтов и оборудования во время работы в открытом космосе.

Таблица 7.1

Постоянный состав станции «Мир»

Название элемента станции	Дата запуска	Дата стыковки со станцией	Дата введения в состав станции
Базовый блок	20.02.1986	—	—
Модуль «Квант»	31.03.1987	09.04.1987	12.04.1987
Модуль «Квант-2»	26.11.1989	06.12.1989	08.12.1989
Модуль «Кристалл»	31.05.1990	10.06.1990	11.06.1990
Модуль «Спектр»	20.05.1995	01.06.1995	03.06.1995
Стыковочный отсек	12.11.1995	15.11.1995	15.11.1995
Модуль «Природа»	23.04.1996	26.04.1996	27.04.1996

Базовый блок являлся основным звеном всей орбитальной станции, объединяющим ее модули в единый комплекс. В базовом блоке находились центральный пост управления служебными системами станции и научной аппаратурой, а также места для отдыха экипажа. Базовый блок состоял из переходного отсека с пятью пассивными стыковочными узлами (один осевой и четыре боковых), рабочего отсека, промежуточной камеры с одним стыковочным узлом и негерметичного агрегатного отсека. Все стыковочные узлы — пассивного типа системы «штырь-конус».

Базовый блок был выведен на орбиту 20 февраля 1986 г.

Модуль «Квант» использовался для проведения астрофизических и других научных исследований и экспериментов. Модуль состоял из лабораторного отсека с переходной камерой и негерметичного отсека научных инструментов. Маневрирование модуля на орбите обеспечивалось с помощью служебного блока, оснащенного двигательной установкой и отделяемого после стыковки модуля со станцией. Модуль имел два стыковочных узла, расположенных по его продольной оси, — активный и пассивный. В автономном полете пассивный узел закрывался служебным блоком.

Модуль «Квант» был выведен на орбиту 31 марта 1987 г. и 9 апреля пристыкован к промежуточной камере базового блока (ось $+X$). После механической сцепки процесс стягивания не удалось завершить из-за того, что в приемном конусе стыковочного узла станции оказался посторонний предмет (мешок с отходами). Для устранения его потребовался выход экипажа в открытый космос, который состоялся в ночь с 11 на 12 апреля. После чего стягивание полностью было завершено и служебный блок отделен от модуля.

Модуль «Квант-2» предназначался для дооснащения станции научной аппаратурой и оборудованием, обеспечения выходов экипажа в открытый космос, а также проведения разнообразных научных исследований и экспериментов. Модуль состоял из трех герметичных отсеков: приборно-грузового, приборно-научного и шлюзового специального с открываемым наружу выходным люком диаметром 1000 мм. Модуль имел один активный стыковочный узел, установленный по его продольной оси на приборно-грузовом отсеке.

Модуль «Квант-2» выведен на орбиту 26 ноября 1989 г. и 6 декабря пристыкован к осевому стыковочному узлу переходного отсека базового блока (ось $-X$). 8 декабря он с помощью своего манипулятора был переставлен на штатное место — боковой стыковочный узел переходного отсека (ось $+Y$).

Модуль «Кристалл» использовался для проведения технологических и других научных исследований и экспериментов, а также для обеспечения стыковок с кораблями, оснащенными андрогинно-периферийными стыковочными агрегатами. Модуль состоял из двух герметичных отсеков: приборно-грузового и переходно-стыковочного. Модуль имел три стыковочных узла: осевой активный — на приборно-грузовом отсеке и два андрогинно-периферийного типа — на переходно-стыковочном отсеке (осевой и боковой).

Модуль «Кристалл» был выведен на орбиту 31 мая 1990 г. 10 июня он пристыковался к осевому стыковочному узлу переходного отсека базового блока (ось $-X$) и 11 июня с помощью своего манипулятора переведен на боковой стыковочный узел переходного отсека (ось $-Y$). До 27 мая 1995 г. он находился на этом стыковочном узле,



Рис. 7.2. Орбитальная станция «Мир»

предназначенном для модуля «Спектр». Затем был переведен на осевой стыковочный узел (ось $-X$) и 30 мая 1995 г. переставлен на свое штатное место (ось $-Z$). 10 июня 1995 г. вновь переведен на осевой узел (ось $-X$) для обеспечения стыковки с американским кораблем «Атлантис» STS-71, 17 июля 1995 г. возвращен на штатное место (ось $-Z$).

Модуль «Спектр» предназначался для проведения научных исследований и экспериментов по разным направлениям и для дооснащения станции дополнительными источниками электроэнергии. Модуль состоял из двух отсеков: герметичного приборно-грузового и негерметичного, на котором были установлены две основные и две дополнительные солнечные батареи и приборы научной аппаратуры. Модуль имел один активный стыковочный узел, расположенный по его продольной оси на приборно-грузовом отсеке.

Модуль «Спектр» был выведен на орбиту 20 мая 1995 г. и 1 июня пристыкован к осевому стыковочному узлу базового блока (ось $-X$). 3 июня с помощью своего манипулятора модуль переведен на штатное место — боковой стыковочный узел переходного отсека (ось $-Y$).

Стыковочный отсек использовался для обеспечения стыковок американских кораблей системы «Спейс шаттл» со станцией «Мир» без изменения ее конфигурации (как это было сделано для стыковки STS-71). Стыковочный отсек был выведен на орбиту 12 ноября 1995 г. в грузовом отсеке американского корабля «Атлантис» STS-74. 15 ноября

стыковка «Атлантика» со станцией «Мир» (к модулю «Кристалл») осуществлялась через этот отсек. Таким образом, стыковочный отсек вошел в состав станции, заняв место на свободном конце модуля «Кристалл» (ось $-Z$).

Модуль «Природа» предназначался для проведения научных исследований и экспериментов по разным направлениям. Он состоял из одного герметичного приборно-грузового отсека. Модуль имел один активный стыковочный узел, расположенный по его продольной оси.

Модуль «Природа» был выведен на орбиту 23 апреля 1996 г. и 26 апреля пристыкован к осевому стыковочному узлу переходного отсека базового блока (ось $-X$). 8 декабря он с помощью своего манипулятора был переставлен на штатное место — боковой стыковочный узел переходного отсека (ось $+Z$).

Таблица 7.2

Основные характеристики станции «Мир»

Название элемента станции	Начальная масса, т	Длина по корпусу, м	Размах солнечных батарей, м	Максимальный диаметр, м
Базовый блок	20,9	13,13	29,7	4,15
Модуль «Квант»	11,05 ¹⁾	5,8	—	4,15
Модуль «Квант-2»	19,34	12,4	27,35	4,35
Модуль «Кристалл»	19,04	11,9	36 ²⁾	4,35
Модуль «Спектр»	18,80	14,44	23,3	4,1
Стыковочный отсек	3,9	4,7	—	2,2
Модуль «Природа»	18,48	11,55	—	4,1
Корабль «Союз ТМ»	7,07	6,98	10,6	2,72
Корабль «Прогресс М1»	7,3	7,23	10,6	2,72

¹⁾ Со служебным блоком — 20,65 т

²⁾ С двумя полностью раскрытыми многоцветными солнечными батареями

Общая масса станции (в полной конфигурации — с двумя пристыкованными кораблями) — около 140 т.

Масса научной аппаратуры — около 11,5 т. В ее создании участвовали 27 стран.

Линейные размеры:

- по корпусам базового блока, модуля «Квант» и двух пристыкованных кораблей (по оси X) — около 33 м;
- по корпусам модулей «Квант-2» и «Спектр» (по оси Y) — около 29 м;
- по корпусам модулей «Природа» и «Кристалл» и стыковочного отсека (по оси Z) — около 30 м.

Состав газовой среды в жилых помещениях станции «Мир» не отличался от состава земной атмосферы, что позволяло использовать обычное оборудование, уменьшало опасность возникновения пожаров и облегчало сравнение результатов экспериментов, проводимых на Земле и на борту станции.

Электропитание аппаратуры и оборудования станции «Мир» обеспечивалось от аккумуляторов, которые систематически заряжались от солнечных батарей.

На станции «Мир» прошли всестороннюю проверку и штатную эксплуатацию экономичная система ориентации и стабилизации с использованием силовых гироскопических стабилизаторов (гиродинов), а также новая система обеспечения жизнедеятельности космонавтов, позволяющая получать кислород методом электролиза воды.

За время полета станции «Мир» появились заметные конструктивные изменения на ее внешней поверхности. Космонавты монтировали новые солнечные батареи, строили ферменные мачты. На вершине самой высокой из них, 14-метровой «Софоры» установили выносную двигательную установку для управления станцией по крену. В ходе полета на станции были построены два космических «подъемных крана» — телескопические грузовые стрелы. Они стали незаменимым средством для транспортировки грузов и космонавтов к месту работ.

Одно из важнейших достоинств орбитальной станции «Мир» — ее ремонтпригодность, предусмотренная еще на этапе проектирования. Благодаря налаженной системе регламентно-профилактических и восстановительных мероприятий стало возможным значительное (в пять раз) увеличение ресурса станции.

Высокая степень живучести станции «Мир» была наглядно продемонстрирована 25 июня 1997 г., когда в результате столкновения с грузовым кораблем «Прогресс М-34» произошла разгерметизация модуля «Спектр». Этот модуль изолировали. Космонавты провели соответствующие работы по подключению трех его солнечных батарей (четвертая батарея была сломана) к системе электроснабжения станции и восстановлению функционирования системы ориентации этих батарей на Солнце.

7.2. Управление полетом станции

Обеспечение управления станцией «Мир» с самого начала было возложено на Центр управления полетами Центрального научно-исследовательского института машиностроения. ЦУП ЦНИИ машиностроения к тому времени имел многолетний опыт работы в области пилотируемых космических полетов и стал основным звеном в контуре управления полетами пилотируемых долговременных орбитальных комплексов «Салют»–«Союз»–«Прогресс».

Для Главной оперативной группы управления (ГОГУ) по программе «Мир» в ЦУПе были созданы все необходимые условия, обеспечивающие ее эффективную работу: оборудованы один главный (большой) зал управления и три оперативных (малых) зала. Для групп поддержки были предоставлены специально оборудованные рабочие помещения.

В состав ГОГУ вошли представители основных организаций, участвующих в управлении полетом: конструкторы, ученые, баллистики, врачи, специалисты по бортовым системам, по обслуживанию технических средств ЦУПа, а также представители научных организаций. При реализации международных проектов в ЦУПе работали консультативные группы из специалистов стран-участниц.

Первым руководителем полета станции «Мир» был Валерий Рюмин, совершивший три полета в космос, в том числе две полугодовые экспедиции на станции «Салют-6». В 1989 г. его сменил Владимир Соловьев — участник самого длительного полета на станции «Салют-7» и первой основной экспедиции на станции «Мир».

Управление подготовкой к старту, пуском ракеты-носителя и полетом на участке выведения на орбиту, осуществляется с космодрома Байконур. ЦУП к непосредственному управлению полетом приступает сразу после отделения космического аппарата (корабля или модуля) от последней ступени ракеты-носителя и несет ответственность за его орбитальный полет.

Вся информация от станции, ее модулей и от кораблей поступала в ЦУП через наземные измерительные пункты по наземным и спутниковым каналам связи. Обработка, анализ и отображение информации



Рис. 7.3. Обработка данных, поступающих с борта орбитальной станции

проводились в реальном масштабе времени. В процессе управления полетами ЦУП взаимодействовал со службами космодрома, командно-измерительного и поисково-спасательного комплексов, с Центром подготовки космонавтов, с научно-исследовательскими организациями, с разработчиками космической техники и научной аппаратуры.

Непосредственное обеспечение работ по управлению полетом конкретного космического аппарата выполняли службы, формируемые из структурных подразделений ЦУПа. Работы по нескольким космическим программам координировались командным пунктом ЦУПа.

7.3. Полеты космонавтов и астронавтов на станцию «Мир»

Суммарная длительность промежутков полета станции «Мир» в пилотируемом режиме составила 4591 сут (12 лет 7 мес). С 8 сентября 1989 г. по 28 августа 1999 г. станция «Мир» постоянно была обитаемой.

Главная задача в начале полета новой станции заключалась в проведении испытаний элементов конструкции, бортовых систем, аппаратуры и оборудования, проверке различных режимов управления станцией, отработке взаимодействия с наземными службами. Первому экипажу предстояло установить на штатные рабочие места многие приборы, которые при запуске станции были упакованы и закреплены в стенных шкафах, и то оборудование, которое должны привезти к ним грузовые корабли.

Первым экипажем станции «Мир» (экипажем первой основной экспедиции — ЭО-1) стали Леонид Кизим и Владимир Соловьев. Они стартовали на корабле «Союз Т-15» 13 марта 1986 г. и 15 марта прибыли на станцию. В ходе своей работы этот экипаж осуществил первый межорбитальный перелет на станцию «Салют-7», где выполнил научные эксперименты, включающие два выхода в открытый космос. Затем космонавты вернулись на станцию «Мир», захватив с собой около 300 килограммов научной аппаратуры.

За весь период полета на станции «Мир» побывали 104 человека.

Из них:

- по 2 раза — 19 человек;
- по 3 раза — 4 человека (Сергей Авдеев, Виктор Афанасьев, Александр Калери и астронавт США Чарлз Прекорт);
- 4 раза — 1 человек (Александр Викторенко);
- 5 раз — 1 человек (Анатолий Соловьев).

Станцию «Мир» посетили 62 иностранных гражданина — представители 11 стран и Европейского космического агентства.

В том числе представители:

США — 44 человека;

Франции — 5 человек;

ЕКА — 3 человека;

Германии — 2 человека;

Сирии, Болгарии, Афганистана, Японии, Великобритании, Австралии, Канады, Словакии — по 1 человеку.

На станции «Мир» проведено 28 длительных основных экспедиций, в составе экипажей которых работали:

35 российских космонавтов;

7 астронавтов США;

2 астронавта Франции;

1 астронавт ЕКА (гражданин Германии).

С 24 марта 1996 г. по 8 июня 1998 г. астронавты США постоянно находились на станции «Мир». Суммарное время их работы в составе экипажей основных экспедиций — 942 сут 06 ч 15 мин.

Совместно с основными экспедициями на станции «Мир» работало 17 экспедиций посещения длительностью от недели до месяца. Из них 15 были международными с участием представителей Сирии, Болгарии, Афганистана, Франции (5 экспедиций), Японии, Великобритании, Австрии, Германии (2 экспедиции), ЕКА и Словакии.

Кроме того, осуществлены девять экспедиций посещения с помощью кораблей системы «Спейс шаттл», во время которых на станции побывали 37 астронавтов США (и еще 6 астронавтов оставались для длительной работы в составе экипажей основных экспедиций), по одному астронавту Канады, ЕКА, Франции и 4 космонавта России.

7.4. О наиболее продолжительных космических полетах человека на станцию «Мир»

В ходе эксплуатации станции «Мир» установлены абсолютные мировые рекорды продолжительности непрерывного пребывания человека а условиях космического полета:

1987 г. — Юрий Романенко (326 сут 11 ч 37 мин 20 с);

1988 г. — Владимир Титов, Муса Манаров (365 сут 22 ч 38 мин 38 с);

1995 г. — Валерий Поляков (437 сут 17 ч 58 мин 17 с).

В 1995 г. Валерий Поляков стал также абсолютным мировым рекордсменом по суммарному времени пребывания в космосе — 678 сут 16 ч 33 мин (за 2 полета). В 1999 г. его достижение превысил Сергей Авдеев — 747 сут 14 ч 12 мин (за 3 полета).

Среди женщин мировые рекорды длительности космического полета установили:

1995 г. — Елена Кондакова (169 сут 05 ч 21 мин);

1996 г. — Шеннон Люсид, США (188 сут 04 ч 00 мин, в том числе на станции «Мир» — 183 сут 23 ч 00 мин).

7.5. Выходы в открытый космос

На ОС «Мир» совершено 78 выходов в открытый космос (включая три выхода в разгерметизированный модуль «Спектр») общей продолжительностью 356 ч 33 мин.

В этих выходах участвовали:

29 российских космонавтов;

3 астронавта США;

2 астронавта Франции;

1 астронавт ЕКА (гражданин Германии).

Таблица 7.3

Космонавты, совершившие шесть и более выходов в открытый космос на станции «Мир»

Космонавт	Количество выходов	Суммарная длительность
Анатолий Соловьев	16	77 ч 46 мин
Сергей Авдеев	10	41 ч 59 мин
Александр Серебров	10	31 ч 48 мин
Николай Бударин	8	44 ч 00 мин
Талгат Мусабаев	7	41 ч 18 мин
Виктор Афанасьев	7	38 ч 33 мин
Сергей Крикалев	7	36 ч 29 мин
Муса Манаров	7	34 ч 32 мин
Анатолий Арцебарский	6	32 ч 17 мин
Юрий Онуфриенко	6	30 ч 30 мин
Юрий Усачев	6	30 ч 30 мин
Геннадий Стрекалов	6	21 ч 54 мин
Александр Викторенко	6	19 ч 39 мин
Василий Циблиев	6	19 ч 11 мин

7.6. Полеты космических аппаратов к станции «Мир»

К станции «Мир» совершили полеты и стыковались с ней:

- 1 корабль серии «Союз Т»;
- 30 кораблей серии «Союз ТМ»;
- 18 кораблей серии «Прогресс»;
- 43 корабля серии «Прогресс М»;
- 2 корабля серии «Прогресс М1»;
- 5 модулей («Квант», «Квант-2», «Кристалл», «Спектр», «Природа»).

К станции «Мир» совершили 10 полетов и осуществили 9 стыковок американские корабли системы «Спейс шаттл»: 7 полетов выполнил «Атлантис», 2 — «Дискавери» (в первом полете «Дискавери» стыковка не предусматривалась), 1 — «Индевор».

7.7. Основные научные достижения

За время полета станции «Мир» выполнено более 23 тысяч научных экспериментов и исследований по российской и международным программам. Многие из этих экспериментов и исследований не имеют аналогов в мире.

Основные из них:

- наблюдение в рентгеновском диапазоне вспышки Сверхновой SN1987A в Большом Магеллановом Облаке;
- экологический мониторинг Земли комплексом «Природа»;
- радиозондирование ионосферы Земли в интересах ионосферно-магнитной службы России;
- регистрация всплесков заряженных частиц — предвестников землетрясений;
- полупромышленное производство новых материалов, кристаллов и сплавов в условиях микрогравитации в специальных высокотемпературных печах «Кратер», «Галлар», «Оптисон» и «Queld»;
- длительное (до 10 лет) экспонирование конструкционных материалов на внешней поверхности станции;
- исследование низкотемпературной плазмы в условиях микрогравитации на установке «Плазменный кристалл»;
- отработка технологии развертывания крупногабаритных конструкций (эксперименты «Софора», «Рапана», «Стромбус») и сверхлегких антенн (эксперимент «Рефлектор»);
- отработка замкнутой технологической системы по производству на борту станции расходоуемых элементов жизнеобеспечения экипажа (воды, кислорода, продуктов питания);
- апробирование уникальной системы поддержания работоспособности космонавтов при длительных (до 1,5 лет) полетах.

Завершение полета станции «Мир» стало уникальным научно-техническим экспериментом. 23 марта 2001 г. впервые был реализован управляемый безопасный сход с орбиты такого крупногабаритного и массивного космического объекта и затопление его в заданном районе акватории Тихого океана.

7.8. О значении полета станции «Мир» для строительства МКС

Станция «Мир» стала своеобразным летным полигоном для испытаний в реальных условиях многих технических решений и технологических процессов, используемых на Международной космической станции — МКС:

- впервые в мировой практике реализован модульный принцип строительства на орбите космических сооружений больших габаритов и масс;
- апробировано применение кораблей «Союз», «Прогресс», «Спейс шаттл» как транспортных средств для доставки экипажей и материально-технического снабжения;
- проведена отработка взаимодействия международных экипажей в длительных полетах;
- отработана технология поддержания станции в работоспособном состоянии в течение длительного полета (14 лет);
- приобретен опыт ликвидации нештатных ситуаций, обеспечения безопасности экипажа и живучести станции;
- приобретен опыт одновременного проведения нескольких международных научных программ интегрированным экипажем;
- приобретен опыт совмещения двух технических школ при создании космической техники для совместного использования;
- проведена отработка технологии совместного управления пилотируемыми космическими объектами двух стран из двух Центров управления — ЦУП-М (г. Королев, Россия) и ЦУП-Х (г. Хьюстон, США).

Станция «Мир» — это выдающееся научно-техническое достижение конца XX века. Пятнадцатилетний полет станции, работа многих российских и международных экипажей на ее борту дали поистине бесценный опыт не только российской космонавтике, но и всему человечеству.

Глава 8

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

Международная космическая станция — крупнейший научно-технический проект современности.

В создании МКС участвуют 14 стран: Бельгия, Германия, Дания, Испания, Италия, Канада, Нидерланды, Норвегия, Россия, США, Франция, Швейцария, Швеция и Япония. Первоначально среди участников были еще Великобритания и Бразилия, но затем они вышли из проекта.

Роль России в этом проекте — одна из ведущих. Опыт, накопленный российской космонавтикой за период эксплуатации собственных пилотируемых орбитальных станций, во многом стал практической базой для создания МКС.

Основные направления использования МКС — фундаментальные медико-биологические исследования, производство высокотехнологических материалов и биопрепаратов, изучение поведения организма человека в условиях длительного космического полета, фундаментальные исследования микрогравитации, астрофизические исследования, изучение атмосферы и поверхности Земли в интересах фундаментальных наук и для прикладных целей, строительство в космосе крупных сооружений для различных исследований и межпланетных перелетов.

Практическая реализация этапа создания новой станции непосредственно на околоземной орбите началась 20 ноября 1998 г. запуском ее первого модуля — функционально-грузового блока (ФГБ) «Заря». В декабре того же года корабль «Индевор» вывел на орбиту соединительный модуль «Юнити» (англ. unity — единство) и состыковал его с ФГБ «Заря». В июле 2000 г. состав МКС пополнился третьим модулем. Им стал служебный модуль «Звезда».

По своему назначению модуль «Звезда» является основой российского сегмента МКС. Он обеспечивает деятельность экипажа и управление станцией с регулярно меняющейся конфигурацией. На этапе развертывания МКС этот модуль служил базовым блоком всей станции, основным местом для жизни и работы экипажа.

До начала работы экипажа первой основной экспедиции МКС была только эпизодически посещаемой. Экипажи кораблей «Спейс

шаттл», в состав которых, кроме американских астронавтов, включались космонавты России и других стран, доставляли на станцию оборудование для ее дооснащения, проводили необходимые регламентно-профилактические работы. Поддержание жизнедеятельности космонавтов во время их работы на станции тогда обеспечивалось средствами шаттлов. И только после введения в состав МКС модуля «Звезда» стало возможным длительное пребывание человека на ее борту.

2 ноября 2000 г. на корабле «Союз ТМ-31» на станцию прибыл экипаж первой основной экспедиции (МКС-1) — Уильям Шеперд (командир), Юрий Гидзенко (пилот) и Сергей Крикалев (бортинженер). С этой даты МКС стала постоянно обитаемой станцией. На ее борту, сменяя друг друга, по нескольку месяцев стали работать экипажи основных экспедиций, в состав которых входили российские космонавты и американские астронавты. Смена этих экипажей производилась с помощью американских кораблей «Спейс шаттл». Российские корабли «Союз», имеющие большой ресурс пребывания в космосе, служили в качестве средства спасения экипажа в случае необходимости срочного покидания станции. Постоянно на МКС находился один из таких кораблей-спасателей. Их замена осуществлялась через полгода во время полетов российских экспедиций посещения.

«Заря», «Юнити» и «Звезда» были в составе МКС, когда на ее борт ступил экипаж первой основной экспедиции.

В 2001 г. в состав МКС были введены американские лабораторный модуль «Дестини» (англ. destiny — судьба) и шлюзовая камера «Квест» (англ. quest — поиск) и российский стыковочный отсек «Пирс», выполняющий также роль шлюзовой камеры при выходах в открытый космос. В последующие годы манипулятором был развернут энергетический узел мощных солнечных батарей. Для обеспечения работ в открытом космосе установлена мобильная транспортная система с канадским дистанционным «Канадарм-2».

Снабжение МКС осуществлялось с помощью российских пилотируемых кораблей «Союз ТМ», «Союз ТМА», автоматических грузовых кораблей «Прогресс М», «Прогресс М1» и американских кораблей системы «Спейс шаттл» («Индевор», «Дискавери», «Атлантис»). Российские космические грузовики регулярно доставляли на МКС топливо, необходимое для осуществления маневров с помощью реактивных двигателей, которые имеются только на российском сегменте.

В связи с произошедшей 1 февраля 2003 г. катастрофой американского корабля «Колумбия», в которой погибли все семь членов экипажа, были приостановлены полеты и других шаттлов. Соответственно остановилось и строительство американского сегмента МКС. Реально поддержать ее работоспособность до возобновления полетов американских кораблей можно было лишь с помощью российских средств.

Учитывая ограничения по снабжению МКС, тогда приняли решение формировать экипажи основных экспедиций не из трех, а из двух человек, и смену экипажей проводить с помощью кораблей «Союз». Таким образом, начиная с седьмой экспедиции на станции постоянно работали уже только два человека. Третий член экипажа на борту МКС появился в июле 2006 г. Им стал астронавт Европейского космического агентства Томас Райтер. Его доставил на станцию шаттл «Дискавери» STS-121. Это был второй полет шаттла после катастрофы «Колумбии». Первый, испытательный полет состоялся в июле 2005 г.

Строительство МКС продолжилось. На станцию были доставлены новые секции солнечных батарей, значительно повысившие ее энерговооруженность. В конце 2007 г. МКС пополнилась еще двумя герметичными модулями. В октябре шаттл «Дискавери» STS-120 привез на орбиту изготовленный в Италии по заказу США еще один соединительный модуль Node-2 (Node-1 под названием «Юнити» работает в составе станции с декабря 1998 г.). В ноябре Node-2, теперь он называется «Хармони» (англ. harmony — гармония), с помощью манипулятора станции был поставлен на свое штатное место — на осевой порт модуля «Дестини». По своему назначению Node-2 является соединительным узлом между тремя лабораторными модулями: американским «Дестини», европейским «Коламбус» (Columbus) и японским «Кибо» (японск. kibo — надежда). Кроме того, осевой стыковочный узел Node-2 теперь стал основным причалом для шаттлов.

Европейский лабораторный модуль «Коламбус», предназначенный для постоянной работы в составе МКС, в декабре 2007 г. был выведен на орбиту на корабле «Атлантис» STS-122 и с помощью манипулятора этого корабля поставлен на свое штатное место. В 2008 г. в состав МКС введен японский модуль «Кибо». Для этого потребовалось три запуска американских шаттлов.

В 2009 г. в состав российского сегмента МКС введен малый исследовательский модуль «Поиск».

В феврале 2010 г. для американского сегмента МКС шаттлом «Индевор» STS-130 были доставлены жилой модуль «Транквилити» (англ. tranquility — спокойствие) и обзорный модуль «Купола» (итал. cupola — купол). В мае того же года шаттл «Атлантис» STS-132 привез российский исследовательский модуль «Рассвет».

В мае 2009 г. постоянный экипаж МКС увеличили с трех до шести человек. Специально не планировали, но по стечению обстоятельств получилось так, что в этом экипаже оказались представители всех партнеров по МКС: от России — Геннадий Падалка и Роман Романенко, от США — Майкл Барратт, от Европейского космического агентства — Франк Де Винне, от Японии — Коити Ваката, от Канады —



Рис. 8.1. Международная космическая станция

Роберт Тирск. Первым командиром такого большого экипажа стал российский космонавт Геннадий Падалка.

С декабря 2009 г. на Международной космической станции при смене экипажей принята так называемая непрямая пересменка. Прямая — это когда на станцию прибывает новый экипаж, а старый, сдав ему вахту, возвращается на Землю. Так продолжалось, пока постоянный состав экипажа МКС не превышал трех человек. А когда он удвоился, стало понятным, что старую схему надо менять.

Последняя прямая пересменка была в октябре 2009 г. В то время станцией командовал российский космонавт Геннадий Падалка, и он передавал свои полномочия европейскому астронавту бельгийцу Франку Де Винне. У причалов МКС стояли три «Союза», три российских корабля. А на борту станции одновременно находились девять человек.

Можно, конечно, заметить, что во время прилета шаттлов человек бывало и побольше. В прежние годы — по десять человек, а после увеличения численности экипажа МКС — и по двенадцать. Но шаттловцы прибывали со своими ресурсами по средствам жизнеобеспечения, со своей конкретной программой: пришли, что-то там установили, подключили и ушли. Ели и спали шаттловцы тоже только в своем корабле. А тут — все вместе, все только за счет станции. Подсчитали и пришли к выводу, что гораздо выгоднее использовать другую схему смены экипажей.

На станции теперь будут постоянно находиться не более шести человек, т. е. два экипажа кораблей «Союз». Кстати, российские «Союзы» с самого начала и до сих пор остаются единственным средством, способным в любой день полета обеспечить возвращение космонавтов на Землю, если возникнет такая необходимость. Непрямая пересменка заключается в том, что экипаж одного из «Союзов», заканчивая свою вахту на борту МКС, передает дела экипажу другого «Союза», а сам возвращается на Землю. Через две-три недели прилетает следующий «Союз» и прибывшие на нем космонавты включаются в работу на станции.

В марте 2008 г. Европейское космическое агентство отправило к МКС свой первый автоматический грузовой корабль ATV-1 (Automated Transfer Vehicle) «Жюль Верн». Головной разработчик этого корабля — Европейский космический концерн EADS Astrium (Франция). В создании ATV участвовали 10 стран — членов ЕКА, Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королева (Россия) и некоторые компании США.

Для снабжения МКС необходимыми грузами было предусмотрено построить пять кораблей ATV. Все они стыкуются к модулю «Звезда» российского сегмента МКС. Помимо доставки грузов, корабли серии ATV используются в проведении коррекций орбиты станции и служат дополнительным герметичным объемом для членов экипажа. В конце полета корабли загружаются отработанным оборудованием, отходами и после сведения с орбиты сгорают в атмосфере Земли. До 2014 г. с МКС стыковались также корабли «Иоганн Кеплер» (24.02.2011), «Эдоардо Амальди» (29.03.12) и «Альберт Эйнштейн» (15.06.2013). Старт последнего из серии грузовых кораблей ATV под названием «Жорж Леметр» состоялся 30 июля 2014 г.

В сентябре 2009 г. стартовал первый японский автоматический грузовой корабль HTV-1 (H-II Transfer Vehicle). В отличие от других грузовиков его стыковка с МКС и расстыковка обеспечиваются при помощи манипулятора станции. К настоящему времени были выведены на орбиту и пристыкованы к американскому сегменту МКС четыре из семи запланированных грузовиков японского агентства JAXA.

Европейские и японские грузовики, несомненно, оказали помощь российским «Прогрессам» в поддержании снабжения станции на необходимом уровне, обеспечивающем продолжение ее функционирования и проведение научных исследований. Это особенно важно в связи с прекращением эксплуатации американских шаттлов.

Корабль «Дискавери» уже завершил свою космическую карьеру. Свой последний, 39-й полет (в том числе 13-й по программе МКС) он выполнил в феврале–марте 2011 г., доставив на станцию много-

целевой модуль «Леонардо» (Leonardo). Тем самым строительство американского сегмента МКС было практически завершено.

Российский сегмент еще будет наращиваться за счет присоединения к нему новых научных модулей.

Таблица 8.1

Состав МКС

Состав МКС	Дата запуска	Дата стыковки
Российский сегмент		
Функционально-грузовой блок «Заря»	20.11.1998	—
Служебный модуль «Звезда»	12.07.2000	26.07.2000
Стыковочный отсек «Пирс»	15.09.2001	17.09.2001
Малый исследовательский модуль № 2 «Поиск»	10.11.2009	12.11.2009
Малый исследовательский модуль № 1 «Рассвет»	14.05.2010	18.05.2010
Американский сегмент		
Соединительный модуль «Юнити»	04.12.1998	07.12.1998
Лабораторный модуль «Дестини»	08.02.2001	10.02.2001
Шлюзовая камера «Квест»	12.07.2001	15.07.2001
Соединительный модуль «Хармони»	23.10.2007	26.10.2007
Европейский лабораторный модуль «Коламбус»	07.02.2008	12.02.2008
Японский лабораторный модуль «Кибо»:		
– грузовой отсек	11.03.2008	14.03.2008
– основной отсек	01.06.2008	03.06.2008
Жилой модуль «Транквилити»	08.02.2010	12.02.2010
Обзорный модуль «Купола»	08.02.2010	12.02.2010
Многоцелевой модуль «Леонардо»	25.02.2011	01.03.2011

По состоянию на сентябрь 2014 г. масса МКС с пристыкованными двумя транспортными пилотируемыми кораблями (ТПК) «Союз ТМА-М», одним транспортным грузовым кораблем (ТГК) «Прогресс М-М», грузовым коммерческим кораблем «Дракон», и европейским грузовиком ATV-5 составляла около 420 т.

Таблица 8.2

Корабли снабжения МКС

Транспортные космические корабли	Количество
ТПК серии «Союз ТМ»	4
ТПК серии «Союз ТМА»	22
ТПК серии «Союз ТМА-М»	12
Всего ТПК:	38
ТГК серии «Прогресс М»	24
ТГК серии «Прогресс М1»	8
ТГК серии «Прогресс М-М»	23
Всего ТГК:	55
ГКМ серии «Прогресс М»	2
МТКК «Спейс шаттл» (NASA)	37
ГКК серии ATV (ESA)	4
ГКК серии HTV (JAXA)	4
ГКК серии «Dragon» (NASA)	3
ГКК серии «Cygnus» (NASA)	3
Итого:	146

Габаритные размеры:

длина МКС $\sim 61,1$ м (с учетом по оси станции одного ТГК «Прогресс М-М»);

ширина ~ 140 м (по диагонали солнечных батарей).

По программе МКС совершено 179 выходов в открытый космос.

В том числе:

44 — из российского сегмента;

135 — из американского сегмента (включая 28 — из шаттлов).

На российских кораблях осуществлено 26 экспедиций посещения.

На станции побывали 217 космонавтов и астронавтов из 15 стран.

В том числе представители:

США — 139 человек;

России — 43 человека;

Канады — 7 человек;

Японии — 8 человек;

Италии — 5 человек;

Франции — 3 человека;
Германии — 2 человека;
ЮАР — 1 человек;
Бельгии — 1 человек;
Испании — 1 человек;
Нидерландов — 1 человек;
Бразилии — 1 человек;
Швеции — 1 человек;
Малайзии — 1 человек;
Республики Кореи — 1 человек.

Глава 9

ТРАНСПОРТНЫЕ КОРАБЛИ СНАБЖЕНИЯ ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

В начале 1970-х гг. в мировой космонавтике началась эра орбитальных пилотируемых станций и появилась острая необходимость в космических грузовых кораблях, которые могли бы доставлять на орбиту расходные материалы, топливо, еду, аппаратуру для проведения исследований и экспериментов, а также удалять с орбитальных станций бытовые отходы и отработавшее оборудование.

Пилотируемые космические корабли «Союз» не могли в полной мере обеспечить решение данных задач, в первую очередь по причинам ограниченного внутреннего пространства, в котором можно было бы размещать грузы.

В СССР практически одновременно с началом работ по орбитальным станциям началась разработка и грузовых кораблей:

1. Транспортного корабля снабжения (ТКС) для ОПС «Алмаз» (начало разработки — 1966 г., первый старт — 1975 г.);
2. КК «Прогресс» для ОПС «Салют» (начало разработки — 1973 г., первый старт — 1978 г.).

Данные корабли, несмотря на то, что схожи по кругу своих задач, сильно отличались по подходам в разработке и по своим возможностям.

9.1. Транспортный корабль снабжения (ТКС)

История проекта неразрывно связана с историей разработки орбитальной пилотируемой станции (ОПС) «Алмаз». ОПС должна была стать военным форпостом на орбите, на ней предполагалось разместить уникальное фотографическое оборудование для наблюдения Земли.

В 1966 г. состоялась защита проекта ОПС с использованием в качестве корабля снабжения 7К-ТК «Союзного» семейства. В силу малой размерности корабля масса доставляемого груза была минимальной, а возвращаемого — практически нулевой. Поэтому Генеральный конструктор В. Н. Челомей поручил своим проектировщикам разработать собственный корабль.

Головным разработчиком РКК «Алмаз» выступало ОКБ-52 в Реутове, известное с 1966 г. как «Центральное конструкторское бюро

машиностроения» (ЦКБМ). Помимо общего руководства работами, оно осуществляло разработку станции «Алмаз» (ОПС, изделие 11Ф71), капсулы спуска информации (КСИ, изделие 11Ф76) и возвращаемого аппарата корабля ТКС (ВА, изделие 11Ф74). Ответственным исполнителем корабля ТКС (изделие 11Ф72), отвечающим также за ФГБ корабля, был назначен Филиал № 1 в Филях. Изготовителем всего комплекса планировался завод имени М. В. Хруничева, на котором производились РН «Протон-К».

Для поддержания станции в обитаемом состоянии, доставки грузов, расходующихся материалов, оборудования и возвращения отснятых пленок требовался транспортный корабль. В 1966 г. состоялась защита эскизного проекта ОПС с транспортным кораблем 7К-ТК «Союзного» семейства. В силу малой размерности корабля масса доставляемого груза была минимальной, а возвращаемого — практически нулевой. Поэтому Челомей поручил своим проектантам разработать собственный корабль. Уже в 1969 г. был выпущен новый эскизный проект, обозначивший контуры будущего ТКС, состоящего из многоцветного возвращаемого аппарата (ВА) и функционально-грузового блока (ФГБ).

С самого начала концептуально ТКС строился по иным принципам, чем корабль «Союз». В соответствии с техническим заданием (ТЗ) ТКС должен был обеспечить выполнение следующих задач:

- стыковку корабля и станции на околоземной орбите высотой 250 км и наклоном 51° ;
- доставку и возврат экипажей ОПС;
- доставку грузов и аппаратуры для проведения функциональных работ на борту станции;
- доставку средств обеспечения жизнедеятельности экипажей;
- подъем орбиты станции;
- ориентацию и длительное (в течение 90 сут) управление полетом всего комплекса;
- обеспечение спуска с орбиты возвращаемого аппарата (ВА), входящего в состав ТКС.

Поскольку ОПС «Алмаз» планировалось выводить на орбиту ракетой-носителем «Протон-К», который до этого был создан Филиалом № 1 ОКБ-52, вполне естественно, что ТКС делался под тот же носитель.

9.2. Конструкция корабля

ТКС состоит из двух частей: возвращаемого аппарата и функционально-грузового блока, каждый из которых способен осуществлять автономный полет.

Таблица 9.1

Характеристики транспортного корабля снабжения

Экипаж	0–3 чел.
Длительность автономного полета	≤ 4 сут
– в составе ОПС	≤ 90 сут
Стартовая масса	21,62 т
– на орбите	17,57 т
Объем внутренних отсеков	49,88 м ³
Длина в стартовом положении	17,51 м
– на орбите	13,2 м
Масса ПН с ВА	$\leq 12,6$ т
– доставляемой на ОПС	$\approx 5,2$ т
Емкость топливных отсеков	$\approx 3,822$ т
Солнечные батареи (СБ)	2×17 м ² , 1×6 м ²
Общая мощность СБ	3,5 кВт
Ракета-носитель	«Протон»
Запуски	8
Места запуска	Байконур
Первый запуск	15.12.1976
Последний запуск	27.09.1985
Успешных запусков	8
Неудачных запусков	нет

Функционально-грузовой блок состоит из секций различного диаметра:

- спереди, на зоне малого (2,9 м) диаметра на него устанавливался возвращаемый аппарат, сзади отсек имел расширение, образованное двумя коническими проставками максимальным диаметром 4,1 м;
- в хвостовой части ТКС располагался активный стыковочный агрегат, специально приспособленный для стыковки объектов массой по 20 т;
- в передней части блока находятся два двигателя коррекции (11Д442) тягой по 447 кгс.

Двигатели могли включаться до 100 раз, их ресурс составлял 2600 с. Для корабля столь большой массы оказалось более выгодным использовать двигательную установку с турбонасосной системой подачи, а не с вытеснительной как на «Союзе». Все топливо размещалось в восьми цилиндрических баках на внешней поверхности ФГБ. Там же установлены основные агрегаты двигательной установки (ДУ), двигатели ориентации и стабилизации, антенны и датчики, радиаторы системы терморегулирования.

Возвращаемый аппарат (ВА)

По своей конфигурации ВА напоминает конструкцию спускаемых КА «Джемини» и «Аполлон», обладает высоким аэродинамическим качеством (0,25 на гиперзвуке), что позволяет выполнять управляемый спуск в атмосфере с небольшими тепловыми нагрузками.

Таблица 9.2

Основные характеристики ВА

Масса на старте	около 7,3 т
Максимальная длина (в сборе)	10,3 м
Максимальный диаметр	2,79 м
Масса на орбите (после сброса АДУ)	более 4,8 т, при спуске — около 3,8 т
Жилой объем ВА	3,5 м ³
Масса возвращаемого груза	до 50 кг (с экипажем), без экипажа — 500 кг
Время автономного полета ВА по орбите	3 ч
Максимальное время нахождения экипажа в ВА	31 ч

Теплозащита ВА состоит из донного полусферического сегмента (лобового экрана), боковой теплозащиты, сегмента носового отсека. Теплозащитное покрытие выполнено из кремнеземной ткани, пропитанной фенолформальдегидной смолой. При нагреве смола испаряется и газообразные продукты пиролиза блокируют приток тепла. После возвращения теплозащиту можно восстановить и использовать снова (до 10 раз). На днище ВА сделан люк диаметром 550 мм для доступа экипажа в ФГБ. Несмотря на то, что этот участок теплозащиты подвергается наиболее интенсивному нагреву, такая схема продемонстрировала высокую надежность в эксплуатации.

На днище ВА был закреплен навесной отсек с системой жизнеобеспечения. В верхней части кабины установлен носовой отсек

(НО) с реактивной системой управления спуском (PCY), парашютной и некоторыми другими системами. НО оканчивался пороховой ТДУ с четырьмя соплами, направленными назад, вдоль образующей конуса. Над ТДУ на коротком переходнике закреплялась длинная цилиндрическая АДУ, сопла которой также были направлены вдоль образующей конуса ВА. ТДУ обеспечивала тормозной импульс скорости (~ 100 м/с) для схода ВА с орбиты. Управление ориентацией аппарата на орбите и при спуске в атмосфере — посредством PCY.

В 1970 г. в разгар работ по ТКС и ОПС возникло предложение в ответ на планы вывода американской орбитальной космической станции «Скайлэб» быстро создать из имеющегося корпуса ОПС и систем корабля «Союз» долговременную орбитальную станцию (ДОС). Все силы были брошены на новый проект, впоследствии ставший известной серией станций «Салют», а ТКС предполагалось отработать на втором этапе эксплуатации станции.

Лишь в 1973–1974 гг. работы по ТКС возобновились в прежнем объеме. Были изготовлены несколько экземпляров корабля для статических и тепловых испытаний и для тренировок космонавтов.

С 1975 г. начались лётно-конструкторские испытания. С 51-й площадки космодрома Байконур были проведены пять испытаний САС (системы спасения). Для отработки ВА было изготовлено изделие 82ЛБ72 — массово-инерционный аналог ТКС, но состоящий из двух ВА. Первый запуск состоялся в конце 1976 г., аппараты, получившие обозначения «Космос-881» и «Космос-882» сделали 1 виток и благополучно приземлились в Казахстане. Всего было проведено 4 запуска (один неудачный и один взрыв на старте) с разным успехом. Из них два ВА совершили по два полета.

В 1977 г. первый ТКС («Космос-929») отправился в космос. Через месяц ВА совершил успешную посадку, а ФГБ еще полгода работал на орбите. Так как ОПС «Алмаз» к моменту полетов ТКС не был на орбите, было решено стыковаться со станцией «Салют». В 1981 г. был запущен ТКС-2 («Космос-1267»). Его ВА вскоре вернулся на землю, а ФГБ состыковался со станцией «Салют-6». В 1983 г. ТКС-3 («Космос-1443») доставил на станцию «Салют-7» 2,7 т грузов и 3,8 т топлива.

В 1985 г. с тем же «Салютом» стыковался ТКС-4 («Космос-1686»), в дальнейшем он своими двигателями поднял орбиту станции до высоты 495 км. Модуль поработал и как грузовик, доставив на борт станции 4322 кг расходных материалов и спецоборудование более 80 наименований — агрегаты систем обеспечения газового состава и жизнеобеспечения, агрегаты ассенизационного устройства, контейнеры с пищей, водой, одеждой, буферную батарею, кабели, бортовую документацию, научную аппаратуру, включая раздвижную ферму «Маяк». В баках

ТКС находилось 1550 кг топлива для поддержания орбиты станции «Салют-7», ее ориентации и стабилизации. Все эти функции после стыковки ТКС-М взял на себя. Модуль дал существенную прибавку и системе электропитания, передавая на «Салют-7» до 1,1 кВт электроэнергии.

Но самым главным было, конечно, научное оборудование массой 1255 кг. Аппаратура предназначалась для проведения более 200 экспериментов. Основным инструментом для проведения экспериментов являлся военно-прикладной оптический комплекс «Пион-К» с лазерно-электронным телескопом (разработки КБ «Фотон» КОМО) предназначался для оптического наблюдения с высоким разрешением, а также для выполнения программы «Октант» в интересах системы контроля космического пространства и ПРО.

Объектами наблюдения «Пиона-К» должны были стать специальные цели, отделяемые из пусковых устройств, закрепленных снаружи 74П (программа «Октант»). Планировалось наблюдать различные объекты на Земле (эксперимент «Поверхность»), на поверхности океана («Зебра») и летающие объекты в атмосфере («Оболочка»).

Для проведения военно-прикладных исследований спектральных характеристик излучения фона Земли в инфракрасном диапазоне предназначался также массрассектротметр Фурье МРСФ-ИК разработки ГОИ им. С. И. Вавилова. Специальные уголкового отражатели, которые предполагалось отстреливать от модуля, при работе совместно с «Пионом-К» служили для отработки методов контроля космического пространства и ПРО.

Для проведения «гражданских» экспериментов на ТКС-М стояла научная аппаратура шести наименований:

- радиометр «Озон» разработки Ленинградского государственного университета и КБ «Интеграл» предназначался для исследования солнечной радиации и концентрации озона на высотах 15–70 км;
- спектрометр «Фаза» (разработчик ЦАФА АН ЭССР) служил для изучения серебристых облаков (измерение спектральных характеристик аэрозолей в атмосфере);
- аппаратура «Севан» разработки НИИ физики конденсированных сред Ереванского ГУ измеряла ядерный состав космического излучения и легких частиц высоких энергий;
- для исследования параметров космоса и их стандартизации НИИЯФ МГУ создал установку «Канопус»;
- ИКИ АН СССР разработал прибор «Нега» для регистрации нейтронов и гамма-квантов;
- аппаратура ИТС 7 служила для исследования звезд и Солнца в инфракрасном диапазоне (разработчик ФИАН СССР).

После прекращения работ на орбитальной станции «Салют-7» и сохранения ее на высокой орбите предусматривалось ее последующее возрождение в ходе реализации программы полетов кораблей многократного использования «Буран», однако программа «Буран» была закрыта, топливо на ТКС-М и на станции «Салют-7» было практически выработано и орбитальный комплекс в неуправляемом режиме сошел с орбиты.

Управление полетом ТКС велось из ЦУП Министерства обороны СССР в Голицыно.

Не вполне удачная судьба ТКС, отсутствие пилотируемых запусков, хотя все необходимые разрешения на пилотируемые полеты были получены, в первую очередь связана не с самим кораблем, а с его ракетой-носителем семейства «Протон», а также с программой ОПС «Алмаз».

Токсичность топлива РН семейства «Протон» (во всех ступенях ракеты используются несимметричный диметилгидразин, известный как НДМГ или гептил $(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$, и тетраоксид азота N_2O_4) выше, чем у боевого отравляющего вещества типа «фосген». Любая незначительная авария на старте могла привести к гибели всего экипажа. Кроме этого, в связи с существенной взрывоопасностью стартового комплекса большой проблемой явилась транспортировка экипажа на стартовую площадку и его посадка в ТКС перед стартом.

9.3. Использование ТКС в последующих проектах исследования космического пространства

Оставшиеся ТКС были переделаны в функционально-служебные (ФСБ) и функционально-грузовые блоки (ФГБ) новых космических изделий. Один из них, переоборудованный в модуль «Квант-1», был доставлен в 1987 г. на станцию «Мир», другой использовался при создании военной станции «Скиф-ДМ». Фактически на этом программа по ТКСам была завершена. В 90-е гг. прошлого века рассматривался вопрос о создании на базе ВА корабля-спасателя для станции «Freedom», а потом и для МКС. Незначительная модификация позволяла вернуть на землю до 6 человек, но от этого проекта отказались. Зато на базе ФГБ ТКС был воспроизведен одноименный модуль для МКС, остаются планы на запуск ФГБ-2.

Одним из первоначальных вариантов создания станции «Мир» была схема с пристыковкой служебных модулей на основе ТКС к базовому блоку. При этом модули могли отстыковываться и переходить в автономный полет для выполнения экспериментов, а их возвращаемый аппарат использоваться как средство спасения экипажа орбитальной станции.

9.4. Грузовые корабли серии «Прогресс»

В ходе разработок и эксплуатации проекта ОПС было замечено, что КК «Союз» не является пригодным средством для обслуживания грузового потока. Специалисты ЦКБЭМ предложили создать грузовой корабль на базе систем КК «Союз».

Рассматривались различные варианты компоновки корабля, включая пилотируемые и автоматические варианты, а также наличие возвращаемой капсулы и т. д. Был выбран наиболее экономически целесообразный вариант – автоматический невозвращаемый космический аппарат.

Была определенная сложность с определением размеров грузового корабля. С одной стороны, требовалось в кратчайшие сроки производить замену вышедшего из строя или исчерпавшего ресурс оборудования. А с другой, необходимо было минимизировать затраты на доставку грузов. Также имелись достаточно жесткие требования по проектированию элементов конструкции корабля во избежание создания помех оборудованию станции. Кроме того, система ориентации и управления движением КК «Прогресс» вместе со сближающе-корректирующей двигательной установкой должны были обеспечивать проведение орбитальных маневров ОПС.

Используя научно-технические разработки и производственный опыт по пилотируемым кораблям «Союз», удалось в короткий срок создать необходимую проектную, конструкторскую, рабочую и эксплуатационную документацию, а также завершить экспериментальную обработку и изготовление первых летных образцов корабля «Прогресс».

9.5. Разработка грузового корабля серии «Прогресс»

Идея создания корабля «Прогресс» родилась в подразделениях службы 17 главного конструктора Ю. П. Семенова. Сначала, приблизительно в течение года, эта работа выполнялась в инициативном порядке только силами конструкторского коллектива ЦКБЭМ, смежные организации к этой работе не привлекались. Главный конструктор В. П. Мишин также не оказывал ей поддержку, поскольку в апреле 1972 г. он заключил с Генеральным конструктором В. Н. Челомеем соглашение, предусматривающее прекращение работ в ЦКБЭМ по станциям «Салют».

Разработка эскизного проекта по грузовому кораблю «Прогресс» была начата в середине 1973 г. и закончена в феврале 1974 г.

Инициаторам создания корабля «Прогресс» приходилось вести его разработку в условиях неразглашения работ, и это привело к тому, что военная приемка при ЦКБЭМ хотя и знала об этой работе,

но, имея указание ГУКОС МО СССР (А. Г. Карась), не принимала участия в ней. И когда на очередном заседании ВПК в конце 1973 г. Ю. П. Семенов доложил о проводимых работах по новому кораблю, с резкой критикой и нападками в адрес ЦКБЭМ выступил А. Г. Карась, который чувствовал поддержку в этом вопросе министра обороны А. А. Гречко. Это был решающий момент. И только благодаря председателю Военно-промышленной комиссии Л. В. Смирнову и министру МОМ С. А. Афанасьеву, поддержавших идею создания нового корабля, последний был узаконен и получил путевку в жизнь. Грузовой корабль «Прогресс» вошел составной частью в проект долговременной орбитальной станции «Салют-6». Вся проектная и схемная документация была принята представителем заказчика задним числом, после выхода соответствующего Постановления Правительства в 1974 г.

Разработка конструкторской и эксплуатационной документации была проведена в 1974–1976 гг., а экспериментальную отработку и изготовление первого летного образца завершили к ноябрю 1977 г. Серии транспортных грузовых кораблей, первоначально состоявшей всего только из двух кораблей, присвоили индекс 11Ф615А15 с № 101. В дальнейшем заказ грузовых кораблей увеличили до 50 штук. Длительная наземная отработка бортовых систем и конструкции, применение приборов и агрегатов, прошедших летные испытания на корабле «Союз», позволили совместить две задачи: доставку грузов на станцию «Салют-6» и первые летные испытания систем и конструкции нового грузового корабля.

Использование систем КК «Союз» дало возможность значительно снизить производственные затраты, которые обязательно бывают при разработке новых проектов, а также значительно упростило ход летно-конструкторских испытаний, которые фактически происходили в ходе первых запусков КК «Прогресс» к станции «Салют-6».

Первый грузовой корабль «Прогресс-1» был запущен 20 января 1978 г.

В дальнейшем КК «Прогресс» имел несколько модернизаций, которые значительно улучшали его летно-технические характеристики.

9.6. Грузовые корабли «Прогресс М»

В 1986 г., в связи с возникшими трудностями с поставками бортовой аппаратуры, использовавшей уже устаревшую к этому времени элементную базу, провели кардинальную модернизацию корабля, в ходе которой основные бортовые системы, включая и солнечные батареи, были заимствованы с находящегося в стадии эксплуатации модернизированного пилотируемого корабля «Союз ТМ». После модернизации грузовой корабль получил название «Прогресс М»

(индекс 11Ф615А55 с № 201). Эскизный проект на модернизированный грузовой корабль был выпущен проектным отделом 174 (начальник отдела Л. И. Дульнев) в мае 1986 г.

Летные испытания грузового корабля «Прогресс М» начали в августе 1989 г. («Прогресс М1») и закончили в феврале 1990 г. («Прогресс М2»). Так же, как и для корабля «Прогресс», летные испытания были совмещены с выполнением основной задачи — доставкой грузов на станцию. В связи с новыми требованиями, связанными с поддержанием и совершенствованием эксплуатационных характеристик станции «Мир», и постановкой новых задач необходимо было продолжать работы по модернизации грузовых кораблей.

9.7. Основные данные по грузовым кораблям «Прогресс», «Прогресс М», «Прогресс М1», «Прогресс М-01М»

«Прогресс» (первый полет 20 января 1978 г. «Прогресса 1» к ОС «Салют-6»):

- длина 7,48 м;
- максимальный диаметр 2,72 м;
- масса 7020 кг;
- полезный груз 2315 кг, из них максимально 975 кг горючее;
- последний полет 5 мая 1990 г.;
- успешных запусков 42, из них
 - 12 к «Салюту-6»;
 - 12 к «Салюту-7»;
 - 18 к станции «Мир»;
- энергоснабжение — аккумуляторы.

«Прогресс М» (первый полет 23 августа 1989 г. к станции «Мир»):

- длина 7,23 м;
- максимальный диаметр 2,72 м;
- масса 7450 кг;
- полезный груз 2350 кг, из них максимально 1200 кг горючее;
- энергоснабжение — аккумуляторы и солнечные батареи.

9.8. Возвращаемая баллистическая капсула в составе КК «Прогресс М»

В связи с непрерывным ростом объема научно-технических исследований на орбитальных станциях типа «Салют» и «Мир» возникла проблема оперативного возвращения на Землю материалов с результатами исследований.

Выведение и возвращение капсулы планировалось с помощью грузовых кораблей «Прогресс М», для чего капсула разъединялась на две части и размещалась в грузовом отсеке ГК, экипаж станции перед отстыковкой ГК закладывал внутрь капсулы материалы с результатами исследований, соединял обе части капсулы вместе, закреплял ее на фланце люка стыковочного агрегата корабля и проверял готовность ее систем к выполнению операций для возвращения на Землю, после расстыковки со станцией на грузовой корабль выдавал тормозной импульс, капсула перед входом в плотные слои атмосферы выталкивалась из грузового отсека пружинным механизмом, входила в плотные слои атмосферы, осуществляла баллистический спуск, затем спуск и посадку на парашюте, с высоты 11 000–17 000 м.

Возвращаемая баллистическая капсула имела массу 350 кг, в том числе массу возвращаемого груза до 150 кг, длину 1470 и максимальный диаметр 780 мм, точность приземления вдоль по трассе ± 125 км и боковой разброс ± 15 км и скорость спуска на парашюте 8 м/с. В 1990–1994 гг. было выведено на орбиту и возвращено на Землю девять капсул (одна из них после возвращения не была найдена), с помощью которых со станции «Мир» на Землю было доставлено более 500 кг материалов с результатами исследований.

«Прогресс М1» (первый полет 1 февраля 2000 г. «Прогресса М1-1» к станции «Мир»)

По сравнению с транспортным кораблем грузовым (ТКГ) «Прогресс М», в соответствии с программой развертывания и эксплуатации МКС, на корабле введены изменения в компоновку, конструкцию, состав приборов и режимы работы бортовых систем.

Основная цель изменений — увеличение количества топлива в общей массе, доставляемых на МКС грузов, что обеспечивается за счет установки в отсек компонентов дозаправки (ОКД) восьми топливных баков. Кроме того, существенно расширен состав связей ТКГ с бортовыми системами российского сегмента МКС по силовым и командным электрическим цепям и телеметрии.

Негерметичный ОКД претерпел следующие изменения:

- удалены баки водяной системы «Родник»;
- вместо баков «Родника» установлены дополнительные баки системы дозаправки топливом СД8. Дозаправка орбитальной станции (ОС) осуществляется вытеснением компонентов топлива сжатым газом (гелием) через герметичные гидрозъемы на стыковочных агрегатах ОС и ТКГ, при этом:
 - максимальный расход окислителя через магистрали увеличен до 0,35 л/с (в 2,33 раза больше, чем на предыдущей модификации ТКГ);

- система СД8, «сухой» массой 635 кг, позволяет подавать топливо, в баки как двигательной установки служебного модуля (СМ) МКС, так и функционально-грузового блока, в коллекторы подсистем причаливания и ориентации ТКГ и коллекторы двигателей ориентации СМ;
- возможна обратная передача топлива из ДУ СМ в коллекторы ТКГ;
- снаружи ОКД размещены 12 баллонов с кислородом и азотно-кислородной смесью.

Аппаратурный состав изменился следующим образом:

- вместо БЦВК «Аргон-16» введен новый комплекс;
- в автономную систему навигации введена аппаратура ГНСС ГЛОНАСС/GPS;
- установлена новая аппаратура сближения «Курс-ММ», позволяющая проводить измерение параметров относительного движения для причаливания и стыковки с расстояния не менее 1 км;
- установлена новая аппаратура командной радиолинии «Регул», использующая спутники-ретрансляторы;
- межбортовая радиосвязь «в узком конусе» возможна на дальности в 30 км, при произвольной ориентации — с 3 км.

В систему управления движением (СУД) введены следующие изменения:

- установлено новое программное обеспечение БЦВК, в котором реализованы схемы безопасного автоматического сближения, перехода в зону причаливания и самого причаливания;
- реализованы динамические режимы управления орбитальной станцией;
- введено устройство сопряжения, преобразующее информацию, поступающую с МКС по цепям межмашинного интерфейса в команды релейного типа, что позволило включать со станции двигатели ТКГ для создания управляющих моментов.

Таким образом, изменения в СУД позволили реализовать управление ориентацией станции с помощью двигателей причаливания и ориентации (на «Прогрессе М1» — 27 штук) или сближающе-корректирующего двигателя по единой программе от бортового комплекса управления МКС.

«Прогресс М1» имеет следующие характеристики:

- длина 7,2 м;
- максимальный диаметр 2,72 м;
- стартовая масса 7150 кг (для орбиты высотой 460 км);
- масса доставляемого груза 2230 кг, в том числе:
 - сухие грузы до 1800 кг;

- топливо до 1950 кг (на 800 кг больше);
- газ наддува обитаемых отсеков до 40 кг (на 10 кг меньше);
- время полета в составе МКС до 180 сут;
 - до стыковки до 4 сут;
 - после расстыковки до 3 сут;
- энергоснабжение — аккумуляторы и солнечные батареи.

«Прогресс М-01М» (первый полет 26 ноября 2008 г. к МКС)

Полезный груз — около 2,5 т, топливо, продукты питания и вода, научное оборудование и расходные материалы.

Новый корабль четырехсотой серии. Основное отличие от предыдущих — новый бортовой вычислительный комплекс ЦВМ-101, пришедший на замену «Аргона-16». Вес «Аргона-16» составлял 65 кг, вес новой машины приблизительно в 10 раз меньше. Кроме того, аналоговая телеметрическая система заменена на цифровую.

Управление полетами КК «Прогресс» велось из Центра управления полетами в г. Королеве.

9.9. Проведение экспериментов на грузовых кораблях серии «Прогресс»

Эксперимент «Квант». Эксперимент «Квант» проводился в соответствии с приказом Минобщесмаша от 30 июня 1981 г. на грузовых кораблях «Прогресс-17» (1983 г.) и «Прогресс-22» (1984 г.). Его целью было получение экспериментальных данных по характеристикам радиолокационной системы «Квант–Сириус» в режиме наблюдения за подводными и надводными целями.

Радиотехническая система «Квант–Сириус» состояла из трех функционально самостоятельных комплектов аппаратуры и элементов конструкции, включавших космический радиолокатор «Квант» (разработчик — Научно-исследовательский институт точных приборов), специальную радиотелеметрическую систему «Сириус» (разработчик — Научно-исследовательский институт измерительной техники), антенну радиолокатора «Квант» суммарной площадью около 8 м².

Если установка на корабле аппаратуры «Квант» и «Сириус» особых проблем не вызвала, то разработка и отработка конструкции раскрываемой антенны радиолокатора «Квант» вылилась в серьезную техническую проблему, которая заключалась в обеспечении точностных характеристик, предъявляемых как к самой антенне, так и к ее привязке к базовым осям корабля (необходимо было учитывать температурные деформации, точность изготовления элементов конструкции,

выбор зазоров в механизмах раскрытия и установки, а также колебания антенны при работе системы ориентации корабля).

Грузовой корабль «Прогресс» в очередной раз подтвердил свои широкие возможности по обеспечению эффективного проведения научных и технических экспериментов, даже таких сложных, как эксперимент «Квант». Это позволило в дальнейшем уверенно планировать и другие сложные эксперименты, такие как «Модель», «Свет» и «Знамя».

Эксперименты «Модель». В 1980–1987 гг. в соответствии с Постановлением Правительства от 21 января 1986 г. в рамках программ полета орбитальных станций «Салют-6», «Салют-7» и «Мир» было проведено четыре эксперимента на грузовых кораблях «Прогресс» с крупногабаритными рамочными антеннами. Их целью было подтверждение возможности создания космической системы связи в сверхнизкочастотном (СНЧ) диапазоне радиоволн и решение двух основных задач: раскрытие в условиях космического полета крупногабаритных рамочных антенн и проверка радиофизической теории распространения СНЧ-радиоволн в околоземном космическом пространстве и прохождения сигнала до поверхности Земли.

Согласно теоретическим оценкам в штатной системе связи должны были использоваться передающие рамочные антенны диаметром 100 м. С учетом сложности создания и отработки таких полноразмерных антенн было решено сначала в натуральных экспериментах испытать две уменьшенные в пять раз (диаметром 20 м) модели антенн, которые, компактно уложенные в специальных контейнерах, были установлены на внешней поверхности КК «Прогресс».

Эксперименты проводились по окончании выполнения ГК своих обычных функций по обслуживанию орбитальной станции. После его отстыковки и отхода от станции были раскрыты две рамочные антенны, причем их раскрытие регистрировалось экипажем станции с помощью кино-, фото- и видеоаппаратуры. В раскрытом состоянии антенны должны были представлять собой два правильных кольца, симметрично расположенных по бокам корабля.

В процессе поисковых исследований было рассмотрено около 30 различных вариантов конструкции рамочных антенн. В результате их анализа для дальнейшей разработки были отобраны три основные конструкции: «упругая», «надувная» и «гармошка».

«Упругая» антенна представляла собой кольцевой каркас, сваренный из упругих желобчатых профилей, к которому крепилась токопроводящая лента из арамидной ткани с вплетенными медными жилами.

«Надувная» антенна имела мягкую герметичную торовую оболочку, склеенную из прорезиненной шелковой ткани, на которую был надет токопроводящий рукав, сшитый из аналогичной ленты.

Антенна-«гармошка» представляла собой замкнутый многозвенник, состоящий из плоских панелей, отштампованных из алюминиевого сплава, соединенных между собой пружинными шарнирами с упорами.

В первом эксперименте («Модель»), выполненном в 1980 г. во время полета станции «Салют-6» на ГК «Прогресс-11», отработывалось раскрытие каркасов «упругой» антенны без токопроводящей ленты. В результате эксперимента один каркас полностью раскрылся и принял кольцевую форму, а второй после выхода из контейнера зацепился за выступающие элементы корабля и не смог образовать правильной формы.

Во втором эксперименте («Модель-2»), выполненном в 1982 г. во время полета станции «Салют-6» на ГК «Прогресс-14», была сделана попытка раскрыть «упругие» антенны (агрегат АС-20), предполагалось провести сеансы излучения СНЧ-радиоволн с использованием установленного на борту корабля передатчика «Всплеск» и приема сигналов на специально развертываемых наземных станциях. В процессе эксперимента обе антенны полностью вышли из контейнеров, но вследствие неучета вязкости токопроводящей ленты не смогли принять правильную кольцевую форму.

В третьем эксперименте («Модель-2»), выполненном в 1983 г. во время полета станции «Салют-7» на ГК «Прогресс-18», предусматривалось раскрытие «упругих» антенн с усиленным каркасом (агрегат АС-20М) и проведение сеансов излучения и приема СНЧ-сигналов. В процессе раскрытия антенны пытались принять кольцевую форму, однако этому мешало то, что от антенн не были отброшены катушки, на которые антенны были намотаны перед укладкой в контейнеры.

В четвертом эксперименте («Модель-2»), выполненном 26–28 марта 1987 г. во время полета станции «Мир» на корабле «Прогресс-28», были успешно раскрыты «надувные» антенны (агрегат АС-20Н). «Надувные» антенны раскрывались за счет их наддува азотом из баллонов системы дозаправки ГК до давления 0,5–0,6 кгс/см². Процесс их раскрытия продолжался около 5 мин и в начале характеризовался интенсивной динамикой (антенны образовывали сложные и случайные формы), но по окончании наддува приняли вид правильных колец.

В этом эксперименте использовался усовершенствованный СНЧ-передатчик и предусматривался прием излучаемых рамочными антеннами СНЧ-сигналов не только на наземных станциях (как в предыдущих экспериментах), но и на борту станции «Мир». Для этого на станцию был доставлен СНЧ-приемник с трехкомпонентной антенной, выдвигаемой из шлюзовой камеры с помощью электропривода на 10-метровой штанге из замкнутого упругого профиля (агрегат АВШ-10). С помощью этих средств предполагалось также регистрировать СНЧ-сигналы,

излучаемые различными наземными источниками (эксперимент «Секвента»).

После раскрытия полости антенны были объединены с объемом грузового отсека корабля, в котором предварительно было снижено давление до $0,5 \text{ кгс/см}^2$, чем достигалась частичная компенсация колебаний внутреннего давления в антеннах из-за их циклического нагрева и охлаждения при изменении светотеневых условий.

Заданная форма раскрытых антенн и их положение относительно корабля сохранялись в процессе орбитального полета корабля в течение 2 сут, при этом корабль с помощью своей системы управления движением поддерживал требуемую ориентацию антенн относительно силовых линий магнитного поля Земли. В процессе построения ориентации корабля с раскрытыми антеннами он был развернут на 90° со средней скоростью $0,7 \text{ град/с}$, при этом с помощью телекамеры, установленной на борту корабля, наблюдалось относительное движение одной из антенн. Аналогично наблюдалось и движение другой антенны в процессе спуска корабля с орбиты по окончании эксперимента. В обоих случаях антенны после нескольких затухающих колебаний восстанавливали свою форму и положение относительно корабля.

В ходе полета ГК «Прогресс» с раскрытыми антеннами было проведено 20 сеансов излучения СНЧ-сигнала и его прием на наземных станциях и на станции «Мир». Анализ принятых сигналов в целом подтвердил разработанную теорию распространения СНЧ-радиоволн в ионосферной плазме и магнитном поле Земли. В частности, на станции «Мир» удалось зарегистрировать распространение излучаемых СНЧ-сигналов преимущественно вдоль силовых линий магнитного поля Земли, а в отдельных сеансах наблюдались пиковые возрастания сигналов, принимаемых на наземных станциях, в моменты пролета корабля над ними.

В результате эксперимента была подтверждена возможность создания и проверена работоспособность крупногабаритных рамочных антенн диаметром 20 м и выдвижной 10-метровой штанги, а также накоплен опыт и получены данные, которые могут быть использованы при создании аналогичных конструкций с размерами до 100 м.

Эксперимент «Свет». Эксперимент «Свет» проводился во исполнение Постановления Правительства от 21 января 1986 г. на ГК «Прогресс-30», пристыкованном к станции с 21 мая по 19 июля 1987 г. Его целью было получение опытных данных для подтверждения технической возможности и оценки целесообразности создания космической линии связи в оптическом диапазоне волн. На грузовом корабле был размещен комплекс целевого оборудования массой около 600 кг, разработанный Московским НИИ радиосвязи.

Было успешно проведено более 30 сеансов связи, в ходе которых модулированный оптический сигнал принимался в нескольких частях земного шара.

В результате эксперимента были подтверждены расчеты энергетики оптической линии связи, процедура вхождения в связь и правильность заложенных в аппаратуру технических решений. Эксперимент проводился без участия экипажа.

Положительные результаты эксперимента позволили перейти к следующему этапу натурных исследований. В 1990 г. был разработан эскизный проект эксперимента «Свет-2» на базе модуля «Гамма». Однако возникшие финансовые трудности в стране не позволили продолжить эту работу.

Технический эксперимент «Краб». С 3 по 5 марта 1989 г. на грузовом корабле «Прогресс-40» и орбитальной станции «Мир» был проведен космический эксперимент «Краб» по исследованию раскрытия, формообразования, жесткостных и динамических характеристик кольцевых рамочных крупногабаритных конструкций (КГК) диаметром 20 м каждая, используемых для раскрытия звеньев приводы из сплава никелида титана ТН-1, обладающего эффектом памяти формы.

Развертывание кольцевых КГК, установленных в специальных ложементх на отсеке компонентов дозаправки (ОКД) грузового корабля «Прогресс-40», происходило по командам с Земли после отхода корабля от орбитальной станции «Мир» на расстояние 70–80 м, при этом орбита станции была близка к круговой с высотой 350–400 км и наклоном 51,6°. Отход контролировался в Центре управления полетами (ЦУП), а также экипажем станции с помощью телекамеры, установленной на грузовом корабле по оси X.

Были развернуты две кольцевые КГК, которые приняли вид двух практически правильных окружностей диаметром 20 м каждая. Развертывание и формообразование наблюдались и регистрировались экипажем станции «Мир» (космонавты А. А. Волков, С. К. Крикалев и В. В. Поляков).

В последующие двое суток грузовой корабль «Прогресс-40» выполнял динамические операции, при этом поведение развернутых конструкций фиксировалось в ЦУП по телекамере, установленной по второй плоскости грузового корабля. После завершения запланированной программы исследований был выдан тормозной импульс и осуществлен спуск грузового корабля «Прогресс-40» по штатной схеме.

Проведение эксперимента «Краб» позволило впервые в мировой практике осуществить космический эксперимент по развертыванию кольцевых крупногабаритных конструкций, определить их характеристики при выполнении динамических режимов космическим

аппаратом, которые в целом соответствовали расчетным, и практически показать возможность создания крупногабаритных конструкций на орбите ИСЗ, использующих для раскрытия звеньев приводы из материалов, обладающих эффектом памяти формы.

Эксперимент «Знамя-2». Идея создания космических отражателей для передачи энергии Солнца на Землю не нова. Еще в 20-е гг. прошлого века Ф. А. Цандер предлагал выводить на орбиту зеркала, но сделать это стало возможно только в наше время. Началом работ в этом направлении послужил конкурс, объявленный в 1989 г. юбилейной комиссией Конгресса США в честь 500-летия открытия Америки. Идея конкурса заключалась в выведении на орбиту нескольких солнечных парусных кораблей, разработанных в разных странах, и проведении гонки под парусами к Луне и Марсу. Проект солнечного парусного корабля, предложенный НПО «Энергия» и рядом смежных организаций, отличался оригинальностью и простотой, небольшой массой и хорошей управляемостью и стал одним из победителей конкурса. К сожалению, разработка парусника не была доведена до практического применения, так как юбилейная комиссия не нашла средств для продолжения конкурса. Хотя конкурс и не состоялся, но разработку использовали для экспериментов на орбите.

В 1990 г. по инициативе и под руководством НПО «Энергия» с участием Долгопрудненского конструкторского бюро автоматики и других предприятий был организован консорциум «Космическая регата», проектам которого значительную финансовую поддержку оказало госпредприятие «Ямбурггаздобыча». В НПО «Энергия» решили испытать конструкцию солнечного паруса-отражателя в уменьшенном масштабе на грузовом корабле «Прогресс М-15».

24 февраля 1993 г. в 3 ч 42 мин после расстыковки грузового корабля со станцией начался сам эксперимент. Время его начала было выбрано с учетом возможности теле- и фоторегистрации раскрытия и дальнейшего полета солнечного отражателя при оптимальном температурном режиме пленочного материала.

Эксперимент с отражением солнечного света из космоса на ночную поверхность проводился сразу после пересечения терминатора; грузовой корабль ориентировался с учетом направления отраженного солнечного луча в подспутниковую точку при пролете над неосвещенной поверхностью Земли, при этом пятно отраженного солнечного света наблюдалось космонавтами со станции «Мир».

Траектория движения пятна отраженного солнечного света на поверхности Земли перед восходом Солнца проходила через города Лион, Берн, Мюнхен, Прагу, Лодзь, Брест и Гомель. К сожалению, густой облачный покров над юго-западной Европой затруднил наблюдение.

При проведении эксперимента велась прямая передача изображения корабля с солнечным отражателем с помощью телекамер корабля, а видеорегистрация с борта станции «Мир» проводилась космонавтами с записью на видеоманитофон с последующим «сбросом» на Землю через спутник-ретранслятор.

Анализ переданной на Землю телевизионной и телеметрической информации подтвердил правильность принятых технических решений, а также основных принципов и расчетных методик, служащих базой для разработки нового направления по созданию крупногабаритных бескаркасных пленочных конструкций. Такие конструкции могли бы применяться для ретрансляции энергии, теле- и радиосвязи, освещения Земли отраженным солнечным светом, очистки космоса от осколков и межпланетных перелетов под солнечным парусом.

Успешное проведение эксперимента «Знамя-2» освещалось средствами массовой информации всего мира и вызвало живой интерес общественности, получив высокую оценку специалистов. В дальнейшем консорциум «Космическая регата» принял решение о разработке проектов по созданию 70-метрового солнечного отражателя «Третье светило» и по системе космического освещения районов Заполярья.

Эксперимент «Радар-Прогресс». После расстыковки в апреле 2010 г. с МКС транспортный грузовой корабль «Прогресс М-03М» впервые превратился в объект научного эксперимента «Радар-Прогресс», постановщиком которого стали специалисты Центрального научно-исследовательского института машиностроения. Эксперимент был задуман с целью исследования отражательных характеристик плазменных неоднородностей, генерируемых в ионосфере при работе жидкостных ракетных двигателей космических аппаратов. В ходе проведения опыта в течение пяти дней корабль ежедневно совершал по одному маневру небольшой длительности с включением двигателей. Специалисты на Земле следили за возникающими изменениями, используя радар некогерентного рассеяния Института солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН и другие наземные средства наблюдения. Эксперимент с использованием грузовых кораблей типа «Прогресс» повторялся дважды в год. Последний из них состоялся во время автономного полета транспортного корабля «Прогресс М-23М» в июле 2014 г.

Полученные результаты эксперимента показали, что зона плазменных возмущений, генерируемых при работе бортовых двигателей, распространяется на несколько десятков километров и существует более десяти минут. При этом в зоне неоднородности меняется не только плотность и температура плазмы, но и ее ионный состав. Особенностью эксперимента является слабое воздействие выхлопных

струи на ионосферу. Но как раз возмущения такого рода, образующиеся в ионосфере, наиболее близки к природным. Эксперимент «Радар-Прогресс» открывает широкие возможности в имитации и инициировании природных явлений, возникающих при различных геомагнитных возмущениях, а также в диагностике околоземной плазмы.

Транспортные корабли «Прогресс» оказали огромное влияние на развитие пилотируемой программы СССР и России, а также на развитие проекта МКС. И, несмотря на многие минусы, например, относительно небольшой объем полезной нагрузки, остается основной «рабочей лошадкой» по снабжению МКС. По мнению многих специалистов, сейчас практически исчерпан ресурс для последующих модернизаций КК. И уже сейчас идут разработки новой российской перспективной транспортной системы, которая сменит транспортные КК «Прогресс» и «Союз».

Глава 10

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В КОСМОСЕ — ОТ ЭПАС ДО МКС

В последние годы международное сообщество непрерывно наращивает свои усилия по исследованию и освоению космоса. Непрерывно растет число государств, которые могут запускать свои спутники с помощью собственных ракет-носителей для реализации различных космических программ. Одновременно наблюдается стремление различных стран объединить свои усилия и средства для совместного изучения и использования космического пространства. Причины этого прежде всего экономические и научно-технические. Сотрудничество в области космических исследований, безусловно, способствует улучшению межгосударственных отношений. Яркими примерами международного сотрудничества являются экспериментальный проект «Союз–Аполлон», многосторонняя космическая программа социалистических стран «Интеркосмос», а также программы «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA».

В апреле 1965 г. советское правительство направило правительствам социалистических стран письмо с предложением объединить усилия в области использования и исследования космического пространства. Советский Союз предложил странам социалистического содружества безвозмездно использовать ракетно-космическую технику для проведения как национальных исследований в космосе, так и для совместных программ. После нескольких совещаний представителей 9 социалистических стран 13 апреля 1967 г. была принята Программа по совместным работам в области исследования и использования космического пространства в мирных целях. Эта дата считается началом практической реализации программы «Интеркосмос», получившей свое официальное наименование в 1970 г. В каждой из девяти стран — участниц программы — НРБ, ВНР, ГДР, Кубе, МНР, ПНР, ЧССР, СРР, СССР — был создан координационный орган, отвечающий за выполнение программы сотрудничества в целом. В 1979 г. к этим странам присоединилась СРВ.

Программа «Интеркосмос» предусматривала проведение совместных исследований в области космической физики и биологии, метеорологии, дистанционного зондирования Земли и другим направлениям. В соответствии с программой Советский Союз безвозмездно

предоставил для космических исследований свою технику — ракеты и спутники, на которые устанавливалась научная аппаратура, созданная учеными и специалистами государств-участников. В рамках реализации программы с октября 1969 г. по декабрь 1991 г. было запущено 25 искусственных спутников Земли серии «Интеркосмос», причем два из них, «Интеркосмос-Коперник-500» (стартовал в 1973 г.) и «Интеркосмос-Болгария-1300» (стартовал в 1991 г.), были запущены по двусторонним советско-польской и советско-болгарской программам. В рамках программы «Интеркосмос» проводились также эксперименты на геофизических ракетах, научное оборудование стран-участниц «Интеркосмоса» устанавливалось на биологических спутниках серии «Космос», советских автоматических межпланетных станциях и даже использовалось при автономном полете корабля «Союз-22», программа полета которого предполагала использование произведенного в ГДР многозонального фотокомплекса МКФ.

За время реализации этой программы были запущены десятки спутников серии «Интеркосмос». Почти на всех спутниках этой серии и на других советских космических аппаратах были установлены приборы, созданные учеными Чехословакии; много интересных приборов разработали специалисты Польши. В Германской Демократической Республике был изготовлен многозональный космический фотоаппарат, прошедший испытания при полете «Союза-22» и установленный на борту орбитальной станции «Салют-6».

В 1976 г. программа «Интеркосмос» получила дальнейшее развитие. Советский Союз предложил в состав экипажей советских космических кораблей включать представителей братских стран.

В июле 1975 г. пример международного сотрудничества продемонстрировали две ведущие космические державы — СССР и США. Изготовленные в этих странах космические корабли «Союз» и «Аполлон», состыковавшись, образовали первую международную лабораторию на орбите, а их экипажи — два советских космонавта и три американских астронавта — в течение двух суток проводили совместные научные эксперименты.

10.1. Экспериментальный проект «Союз–Аполлон»

В 1967 г. в ООН был принят договор о космосе, устанавливающий наиболее общие международно-правовые принципы космической деятельности. В данном договоре предусматривалось обязательство государств учитывать соответствующие интересы всех других государств при осуществлении своей деятельности в космосе, не создавать потенциально вредных помех деятельности других государств, оказывать в случае необходимости возможную помощь космонавтам

других государств, информировать все страны о характере, ходе, месте и результатах своей деятельности в космическом пространстве.

Соглашение о спасении космонавтов, возвращении космонавтов и объектов, запущенных в космическое пространство, от 22 апреля 1968 г. предусматривает, что государства, которые получают сведения или обнаружат, что экипаж космического корабля потерпел аварию, или находится в состоянии бедствия, или совершает вынужденную или непреднамеренную посадку на территории, находящейся под ее юрисдикцией, должны принимать все возможные меры для спасения и оказания необходимой помощи экипажу космического корабля. Для реализации данного соглашения космические корабли должны быть оборудованы необходимыми средствами поиска сближения и стыковки, а также обеспечены условия перехода из одного корабля в другой. Проект «Союз–Аполлон» был предназначен для отработки методологии спасения космонавтов при выполнении орбитального полета.

Практическое начало экспериментальному проекту «Союз–Аполлон» было положено 6 апреля 1972 г. «Итоговым документом встречи представителей Академии наук СССР и NASA США по вопросу создания совместимых средств сближения и стыковки пилотируемых космических кораблей и станций СССР и США».

24 мая 1972 г. в Москве председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин и президент США Р. Никсон подписали «Соглашение между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях». В этом Соглашении, в частности в третьей статье, записано: «Стороны договорились 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 космос и обеспечения возможности осуществления в дальнейшем совместных научных экспериментов. Первый экспериментальный полет для испытания таких средств, предусматривающий стыковку советского космического корабля типа “Союз” и американского космического корабля типа “Аполлон” с взаимным переходом космонавтов, намечено провести в течение 1975 г.».

На очередной встрече советских и американских специалистов, которая состоялась в Хьюстоне 6–18 июля 1972 г., был намечен план полета кораблей «Союз» и «Аполлон» в 1975 г. Первым стартует корабль «Союз» с двумя космонавтами, примерно через 7,5 ч стартует корабль «Аполлон» с тремя астронавтами. Через сутки (окончательный вариант — через двое суток) после старта корабля «Аполлон» производятся сближение и стыковка. Длительность полета кораблей в состыкованном состоянии — около двух суток.

Для обеспечения реализации проекта ЭПАС 5 января 1973 г. выходит постановление ЦК КПСС и СМ СССР № 25-8, в котором выражается согласие с предложением Министерства общего машиностроения СССР и АН СССР об образовании на базе Координационно-вычислительного центра (КВЦ) ЦНИИ машиностроения Советского центра управления полетом (СЦУП) с новым комплексом технических средств. В виде исключения постановление разрешало допуск в СЦУП американских специалистов, участвующих в подготовке и проведении совместного космического эксперимента.

Во исполнение этого постановления были выпущены приказы министра общего машиностроения СССР № 13 от 12 января 1973 г. и директора ЦНИИ машиностроения № 2 от 25 января 1973 г. об организации работ по обеспечению экспериментального полета космических кораблей «Союз» и «Аполлон» и созданию на базе КВЦ советского ЦУПа по управлению полетом корабля «Союз», модернизированного для проекта ЭПАС.

Таким образом, ЦУП ЦНИИмаша стал первой открытой организацией в ракетно-космической отрасли страны.

Персональная ответственность за подготовку ЦУПа к работам по программе ЭПАС и информирование общественности об этих работах была возложена на директора ЦНИИмаша Юрия Александровича Мозжорина. Иностранным специалистам его представляли как директора Советского центра управления полетом. Начальник ЦУПа Альберт Васильевич Милицин при этом назывался заместителем директора Центра.

В марте 1973 г. NASA объявило состав основного и дублирующего экипажей корабля «Аполлон»:

основной экипаж — Томас Пэттен Стаффорд (Thomas Patten Stafford), Вэнс ДеВо Бранд (Vance DeVoe Brand) и Дональд Кент Слейтон (Donald Kent Slayton);

дублирующий экипаж — Алан ЛаВерн Бин (Alan LaVern Bean), Рональд Элвин Эванс (Ronald Ellwin Evans) и Джек Роберт Лаусма (Jack Robert Lousma).

Тогда же было принято решение, что каждый корабль будет управляться своим ЦУПом.

В мае 1973 г. были определены экипажи корабля «Союз»:

первый экипаж — Леонов Алексей Архипович и Кубасов Валерий Николаевич;

второй экипаж — Филиппенко Анатолий Васильевич и Рукавишников Николай Николаевич;

третий экипаж — Джанибеков Владимир Александрович и Андриев Борис Дмитриевич;

четвертый экипаж — Романенко Юрий Викторович и Иванченков Александр Сергеевич.

Для выбора последовательности запуска кораблей (первым стартует «Союз», затем — «Аполлон») учитывалось, что участок выведения корабля «Союз» проходит над населенной территорией СССР. Поскольку ступени ракеты-носителя (РН) падают на Землю, азимут запуска и программа выведения строго увязаны с расположением населенных пунктов. Так как плоскости орбит должны совпадать, то при наличии разбросов параметров орбиты первого корабля смещение плоскостей орбит можно произвести изменением азимута запуска второго корабля. Участок выведения корабля «Аполлон» проходит над океаном, и это позволяет вносить необходимые коррективы. Кроме того, учитывались условия посадки кораблей в случае задержки старта и некоторые другие соображения. СССР готовил к совместному полету два корабля «Союз». Запуск второго корабля состоялся бы в случае:

- аварийной ситуации, требующей досрочной посадки корабля «Союз» до стыковки его с кораблем «Аполлон»;
- невывода корабля «Аполлон» на орбиту в течение пяти суток полета корабля «Союз».

При сближении на орбите активная роль отводилась кораблю «Аполлон».

В 1974 г. советский ЦУП на практике показал себя полноценным Центром, способным решать все задачи, связанные с управлением полетами космических аппаратов. Первыми аппаратами, управление которыми полностью осуществлялось из ЦУПа ЦНИИмаша, стали беспилотные корабли «Союз», модернизированные для программы ЭПАС. Они проходили летно-конструкторские испытания под названием искусственных спутников Земли «Космос-638» и «Космос-672». Потом была генеральная репетиция — полет пилотируемого корабля «Союз-16».

В соответствии с советской программой подготовки к совместному космическому эксперименту со 2 по 8 декабря 1974 г. был осуществлен полет модернизированного корабля «Союз-16» с экипажем — Анатолий Васильевич Филипченко (командир) и Николай Николаевич Рукавишников (бортинженер). В ходе этого полета проводились испытания системы обеспечения жизнедеятельности (в частности, сброс давления в отсеках корабля до 520 мм рт. ст.), испытания автоматики и отдельных узлов стыковочного агрегата, отработка методики выполнения некоторых совместных научных экспериментов и проведение односторонних экспериментов, формирование монтажной орбиты с высотой 225 км и др.

Завершающий этап проекта начался 15 июля 1975 г. запуском кораблей «Союз-19» и «Аполлон».

Космический корабль «Союз-19» стартовал с космодрома Байконур 15 июля 1975 г. в 15:20:00,005 (00:00:00) и был выведен на околоземную орбиту в 15:28:49,8 (00:08:49,8). Начальная орбита корабля имела следующие параметры: минимальная высота — 186,5 км, максимальная высота — 222,1 км, период обращения — 88,528 мин, наклонение — 51,78°.



Рис. 10.1. Участники полета «Союз-Аполлон»

Командир корабля «Союз-19» — Алексей Леонов, бортинженер — Валерий Кубасов.

После окончания комплексной проверки бортовых систем корабля «Союз-19» был проведен первый из двух маневров формирования монтажной орбиты. СКДУ была включена в 20:51:30,5 (05:31:30,5) и отработала заданный импульс — 3,6 м/с. Параметры орбиты после маневра: минимальная высота — 192 км, максимальная высота — 228 км, период обращения — 88,63 мин, наклонение — 51,78°.

В 21:37 (06:17) экипаж корабля «Союз-19» начал снижение давления из жилых отсеков. Эта операция, после которой давление в корабле стало 520 мм рт. ст., прошла без замечаний.

В соответствии с программой полета старт корабля «Аполлон» был произведен через 7,5 ч после старта «Союза» — в 22:50:01 (07:30:01) с пусковой площадки В стартового комплекса № 39 Космического центра им. Дж. Кеннеди (мыс Канаверал, штат Флорида). Начальная орбита корабля имела следующие параметры: минимальная высота — 153 км, максимальная высота — 170 км. Отставание от «Союза» — около 6000 км.

Командир корабля «Аполлон» — Томас Стаффорд, пилот командного модуля — Вэнс Бранд, пилот стыковочного модуля — Дональд Слейтон.

Перестроение отсеков корабля «Аполлон» производилось аналогичным образом, как и при полетах на Луну. Отделяется командно-служебный модуль (КСМ), разворачивается на 180° по тангажу и состыковывается со стыковочным модулем (СМ). Затем СМ извлекается из переходника, установленного на второй ступени ракеты-носителя (РН) «Сатурн-1Б». Следующим маневром корабль уходит от РН.

На этом этапе экипаж «Аполлона» столкнулся с серьезной проблемой — не удавалось демонтировать стыковочный узел командного модуля (КМ). Тем самым проход между КМ и СМ оказался заблокирован. Если бы не удалось разрешить эту проблему, то весь полет тогда ограничился лишь стыковкой кораблей. Ни о каком переходе членов экипажей из корабля в корабль не могло быть и речи. Но американские специалисты нашли решение, и экипаж «Аполлона» выполнил разборку узла.

В 02:35 (11:15) корабль «Аполлон» был переведен на круговую орбиту высотой 165 км.

Дополнительно к запланированной программе экипаж корабля «Союз-19» провел первый этап ремонта бортовой телевизионной системы, отказ которой был обнаружен перед стартом и не позволил вести телепередачи с борта корабля в первый день полета.

Сон космонавтов начался позже запланированного — около 03:20 (12:00).

В 04:31:28 (13:11:28) корабль «Аполлон» выполнил первый фазирующий маневр, чтобы установить скорость, необходимую для обеспечения стыковки кораблей на 36-м витке «Союза». После маневра параметры орбиты «Аполлона»: минимальная высота — 170 км, максимальная высота — 230 км.

Во второй день полета экипаж корабля «Союз-19» продолжил работы с телевизионной системой, провел некоторые эксперименты, в том числе один по совместной программе (АС-1 «Зонаобразующие грибки») и начал готовиться ко второму маневру формирования монтажной орбиты. СКДУ была включена в 15:43:40,8 (24:23:40,8) и отработала заданный импульс — 11,8 м/с. Ориентация и программный разворот прошли без замечаний.

В результате двух маневров была сформирована монтажная орбита со следующими параметрами: минимальная высота — 222,65 км, максимальная высота — 225,4 км, период обращения — 88,92 мин, наклонение — 51,79°.

Затем космонавты провели проверку работы системы ориентации и управления движением в режиме программных разворотов и стабилизации для номинального процесса стыковки. Проверка прошла без замечаний.

После этой проверки в период времени 18:25–19:20 (27:05–28:00) космонавты закончили ремонтные работы с телевизионной системой. В 19:25 (28:05) была включена цветная телекамера и проведен первый телерепортаж с борта «Союза-19».

В 20:30 (29:10) был проведен корректирующий сброс давления из отсеков корабля до 500 мм рт. ст.

Свой третий рабочий день космонавты начали с научных экспериментов.

В 15:54:04 (48:34:04) корабль «Аполлон» выполнил второй фазирующий маневр, после чего параметры его орбиты стали: минимальная высота — 165 км, максимальная высота — 186 км.

В 16:01 (48:41) Вэнс Бранд сообщил, что он наблюдает корабль «Союз» через секстант. Расстояние между кораблями составляло около 400 км.

В 16:04 (48:44) между кораблями была установлена радиосвязь.

Построение ориентации перед стыковкой кораблей началось в 16:30 (49:10). Установленная орбитальная ориентация поддерживалась затем в течение 4,5 ч с хорошей точностью.

В 16:38:03 (49:18:03) «Аполлон» провел комбинированный маневр коррекции и перешел на орбиту с параметрами: минимальная высота — 186 км, максимальная высота — 206 км.

В 17:15:04 (49:55:04) «Аполлон» выполнил коэллиптический маневр, в результате его орбита стала иметь следующие параметры: минимальная высота — 294 км, максимальная высота — 205 км. При этом по высоте орбиты он находился на 20 км ниже орбиты «Союза».

В 18:14:25 (50:54:25) началась конечная фаза сближения кораблей. «Аполлон», раньше сзади догонявший «Союз», вышел на 1,5 км впереди него.

Время 18:34:23 (51:14:23), по данным ФАИ, считается началом группового полета, при этом расстояние между кораблями было менее 10 км.

В 19:03 (51:43) корабль «Союз-19» был переведен в режим инерциальной стабилизации и произвел программный разворот вокруг продольной оси на 60°.

Стыковка (касание) кораблей «Союз-19» и «Аполлон» зафиксирована в 19:09:08,1 (51:49:08,1), обжатие стыка — в 19:12:12,1 (51:52:12,1), почти на 3 мин ранее запланированного времени.

Первая стыковка была успешно осуществлена при использовании стыковочного агрегата «Аполлона» в активном состоянии, т.е. с выдвинутым кольцом с направляющими. Условия начального контакта между кораблями оценивались с помощью телеметрической информации и киносъемок. Скорость сближения «Аполлона» при контакте была приблизительно 0,25 м/с и боковое смещение кораблей около 0,082 м. Существенных угловых рассогласований кораблей не обнаружено.

После грубой проверки герметичности в корабле «Союз-19» в 19:35 (52:15) был открыт люк между спускаемым аппаратом и бытовым отсеком, и в 9:38 (52:18) начата точная проверка герметичности. В 20:00 (52:40) тоннель между стыковочным модулем «Аполлона» и бытовым отсеком «Союза» был наддут до 250 мм рт. ст.

Все подготовительные операции по обеспечению первого перехода были закончены в запланированное время, и в 22:12 (54:52) космонавты открыли люк бытового отсека «Союза». Люк стыковочного модуля «Аполлона» был открыт в 22:17:29 (54:57:29). Символическое рукожатие командиров кораблей зафиксировано в 22:19:25 (54:59:25).

Встреча Алексея Леонова, Валерия Кубасова, Томаса Стаффорда и Дональда Слейтона в корабле «Союз-19» произошла точно по программе и наблюдалась на Земле по телевидению. Во время первого перехода были проведены запланированные телерепортажи, кинофото-съемки, обмен флагами СССР и США, передача флага ООН, обмен сувенирами, подписание свидетельства ФАИ о первой стыковке двух космических кораблей разных стран на орбите, совместный обед. Кубасов и Слейтон провели первую совместную фазу эксперимента АС-3 «Универсальная печь».

При последующих операциях по возвращению астронавтов в корабль «Аполлон» после закрытия в 01:56 (58:36) люка бытового отсека «Союза» был отмечен рост давления в тоннеле между стыковочным модулем и бытовым отсеком (после сброса давления в тоннеле до 250 мм рт. ст.) около 1 мм рт. ст./мин.

Экипажи кораблей провели повторное открытие люков стыковочного модуля и бытового отсека и сброс давления из тоннеля между ними.

Последующий анализ, проведенный советским и американским Центрами управления полетом, показал влияние температурных колебаний при сбросе давления на последующие измерения, что не было учтено при предполетной подготовке. Методика проверки герметичности тоннеля между стыковочным модулем «Аполлона» и бытовым отсеком «Союза» была изменена.

В связи с этими затруднениями период отдыха космонавтов начался в 03:50 (60:30) на 1,5 ч позднее запланированного времени. В дальнейшем при проверке герметичности туннеля между стыковочным модулем и бытовым отсеком по измененной методике трудностей не возникало.

На следующий день космонавты провели научные эксперименты. Затем начались операции второго перехода.

Люк бытового отсека космонавты открыли в 12:45 (69:25). В корабль «Союз-19» перешел Вэнс Бранд, а в корабль «Аполлон» — Алексей Леонов.

Люк бытового отсека «Союза» был закрыт в 13:30 (70:10), и начался второй период совместной деятельности экипажей. Во время этого периода В. Бранд и А. Леонов были подробно ознакомлены с оборудованием и системами соответственно советского и американского кораблей. Члены экипажей провели совместные телерепортажи и кинофотосъемки, символическую деятельность, физические упражнения. Второй период совместной деятельности длился 6 ч 14 мин.

При третьем переходе люк бытового отсека «Союза» был открыт в 18:57 (75:37) и закрыт в 19:28 (76:08). Во время третьего периода совместной деятельности в корабле «Союз-19» находились Алексей Леонов и Томас Стаффорд, в корабле «Аполлон» — Вэнс Бранд, Дональд Слейтон и Валерий Кубасов. Космонавты и астронавты провели совместный эксперимент АС-3 «Микробный обмен», обменялись семенами растений. В 20:30–21:00 (77:10–77:40) была проведена совместная пресс-конференция экипажей.

При заключительном, четвертом переходе космонавтов и астронавтов (возвращение в свои корабли) люк бытового отсека «Союза» был открыт в 22:49 (79:29).

В 00:05 (80:45) люки между кораблями были закрыты, и на этом закончилась совместная деятельность смешанных экипажей. Последний, третий период совместной деятельности продолжался 5 ч 08 мин.

После закрытия люков бытового отсека «Союза» и стыковочного модуля «Аполлона» при четвертом переходе давление из туннеля между бытовым отсеком и стыковочным модулем было сброшено до 50 мм рт. ст., проверена герметичность обоих люков, затем давление в туннеле между ними сбросили до нуля.

В начале очередного рабочего дня космонавты провели научные эксперименты, надули жилые отсеки корабля «Союз-19» до 800 мм рт. ст. и стали готовиться к расстыковке.

Корабли расстыковались в 15:03:21 (95:43:21). Этап полета в состыкованном состоянии длился 43 ч 54 мин 11 с.

Через 15 с после расстыковки «Аполлон» начал выполнять первый из двух маневров ухода от корабля «Союз», обеспечивающих эксперимент АС-4 «Искусственное солнечное затмение». Максимальное

расстояние между кораблями составило 220 м. Во время этого эксперимента корабль «Аполлон» закрывал собой Солнце, а экипаж корабля «Союз-19» фотографировал. Всего было сделано 150 снимков. После этого «Аполлон» начал повторное сближение с «Союзом».

Вторая (тестовая) стыковка, при которой активным был стыковочный агрегат «Союза-19», произведена в 15:33:40 (96:13:40). Обжатие стыка закончилось в 15:40:35 (96:20:35). Кольцо с направляющими стыковочного агрегата корабля «Аполлон» при этом было втянуто. По данным телеметрической информации, при контакте скорость сближения находилась в пределах 0,15–0,18 м/с, угловое рассогласование продольных осей составляло 0,7°, рассогласование по крену 2°, боковое смещение 0,07–0,1 м.

Интервал времени между касанием и сцепкой составил 0,6 с. В течение 6 с после сцепки зафиксировано нерасчетное возмущение угловых скоростей «Союза» за счет работы двигателей корабля «Аполлон» до 2,2°/с по рысканию и до 0,7°/с по тангажу. Стыковочный агрегат «Союза» успешно самортизировал полученные возмущения, выровнял корабли, и через 42 с после сцепки автоматически началось стягивание. В ходе стягивания, на 174-й с после сцепки, непосредственно перед входом направляющих штырей в гнезда, вновь было отмечено нерасчетное возмущение кораблей. Угловые скорости «Союза» доходили до 0,7°/с по рысканию и до 2°/с по тангажу. Корабль «Аполлон» в это время с помощью ручного управления совершал незапланированные маневры по рысканию и тангажу, которые вызвали соответствующие возмущения. После касания стыковочных шпангоутов автоматически начали закрываться замки, и стык был обжат в 15:40:35 (96:20:35). Продолжительность процесса механической стыковки составила 6 мин 55 с. Проверка давления между уплотнениями стыка подтвердила его герметичность. Стыковочное устройство работало без замечаний.

После проведения всех проверок экипаж «Союза-19» начал готовиться к окончательной расстыковке.

Команда на окончательную расстыковку была выдана в 18:23 (99:03). Расхождение кораблей началось в 18:26:12,5 (99:06:12,5). Второй раз в состыкованном состоянии корабли находились 2 ч 52 мин 33 с.

После окончательной расстыковки в течение 16 мин «Аполлон» поддерживал расстояние между кораблями около 20 м, затем он выполнил маневр, необходимый для проведения эксперимента АС-5 «Ультрафиолетовое поглощение». Сбор данных по этому эксперименту проводился на расстоянии 150 и 500 м по уголкового отражателям, установленным на «Союзе». В 21:42:27 (102:22:27) «Аполлон» совершил маневр ухода в плоскости орбиты с импульсом 0,6 м/с. В результате этого в 23:09

(109:49) он прошел над «Союзом» на расстоянии 1000 м и вновь провел сбор данных для эксперимента «Ультрафиолетовое поглощение».

Совместный этап полета завершился маневром ухода и сбором данных на расстоянии 1000 м. В это время «Аполлон» следовал за «Союзом» при скорости увеличения дальности примерно 9 км за виток.

За окончание группового полета кораблей, по данным ФАИ, принято время 23:43:40 (110:23:40), когда расстояние между кораблями стало более 10 км.

21 июля в 13:10:21 (141:50:21) была включена СКДУ корабля, обеспечившая обработку заданного импульса. Ориентация и стабилизация при спуске были точными.

Спускаемый аппарат корабля «Союз-19» совершил мягкую посадку в 54 км северо-восточнее города Аркалыка в Казахстане в 13:50:51 (142:30:51). Процесс приземления и выход экипажа из спускаемого аппарата передавались по телевидению в реальном масштабе времени.

25 июля в 00:18:24 командный модуль (КМ) корабля «Аполлон» приводнился в Тихом океане, в 528 км (285 миль) западнее Перл-Харбора, Гавайские острова.

В течение всего полета каждый корабль управлялся своим ЦУПом. Координация совместной деятельности советского и американского ЦУПов была определена документом ЭПАС 40401 «План взаимодействия Центров управления».

Для обеспечения управления полетом были задействованы следующие наземные станции слежения, которые осуществляли с ЦУП-М телефонную и телевизионную связь: Евпатория (ЕВТ), Джусалы (ДЖС), Уссурийск (УСК), Петропавловск-Камчатский (ППК), и станции слежения, которые осуществляли с ЦУП-М только телефонную связь: Тбилиси (ТБЛ), Колпашево (КЛП), Улан-Удэ (УЛД). Кроме того, в качестве плавучих станций слежения использовались корабли «Космонавт Юрий Гагарин» (КЮГ) и «Академик Сергей Королев» (АСК). Они находились в точках с координатами: КЮГ — $44,6^\circ$ северной широты и $59,6^\circ$ западной долготы; АСК — $16,4^\circ$ северной широты и $87,3^\circ$ западной долготы.

Ряд станций слежения США наблюдали за кораблем «Союз» так же, как станции СССР наблюдали за кораблем «Аполлон». Это американские станции, расположенные на островах Кваджалейн, Кантон, Вознесения, Антигуа, Гранд-Терк, на мысе Канаверал, в Каэна-Пойнте (Гавайские острова), Тананариве (Малагасийская республика) и на Бермудских островах.

Для радио- и телефонной связи с кораблем «Аполлон», кроме станций слежения, США использовали запущенный 30 мая 1974 г. спутник ATS-F, который после выхода на орбиту получил название ATS-6. Без использования этого спутника информацию с борта в реальном

масштабе времени можно было бы принимать только в течение 17 % общего времени полета. Спутник позволил повысить эту величину до 55 %.

Во время полета в каждом ЦУПе присутствовала консультативная группа (КГ) другой стороны. Задачами КГ являлось обеспечение руководителя полета своей страны необходимыми техническими сведениями, информацией о событиях, происходящих в ЦУПе партнеров, а также при необходимости ведение связи с экипажем своего корабля.

ЦУПы работали круглосуточно. Возглавляли их работу руководители полета Алексей Станиславович Елисеев (ЦУП-М) и Пит Франк (ЦУП-Х). Непрерывность работы обеспечивалась тремя сменами во главе со сменными руководителями полета. В ЦУП-М это были Виктор Дмитриевич Благоев, Вадим Георгиевич Кравец и Сергей Павлович Цыбин; в ЦУП-Х — Пит Франк, Нил Хатчиссон и Дон Падди.

Работой персонала, обслуживающего технические средства ЦУП-М, руководили Валерий Дмитриевич Сороколетов и Владимир Иванович Лобачев.

В процессе совместного полета кораблей «Союз-19» и «Аполлон» выполнены основные задачи программы, в том числе сближение и стыковка кораблей, переходы членов экипажей из корабля в корабль, взаимодействие Центров управления полетами и экипажей, а также совместные научные эксперименты («Зонаобразующие грибки», «Микробный обмен», «Универсальная печь», «Искусственное солнечное затмение», «Ультрафиолетовое поглощение»).

Работа по обеспечению полета по программе ЭПАС по существу была для ЦУПа ЦНИИмаша экзаменом на зрелость. Тогда впервые отработывалось взаимодействие наземных служб управления разных стран (СССР и США), которое нашло свое продолжение при выполнении совместных полетов российских космонавтов и американских астронавтов на станцию «Мир» и ныне успешно реализуется при совместном управлении Международной космической станцией.

После завершения программы «Союз–Аполлон» ЦУП ЦНИИмаша стал полноправным ключевым элементом командно-измерительного комплекса Министерства обороны как Центр управления полетами пилотируемых кораблей и орбитальных станций.

Проект «Союз–Аполлон» вошел в историю как важный этап на пути освоения космоса объединенными усилиями разных стран.

10.2. Программа «Интеркосмос»

В апреле 1965 г. советское правительство направило правительствам социалистических стран письмо с предложением объединить усилия в области использования и исследования космического

пространства. После нескольких совещаний представителей девяти социалистических стран 13 апреля 1967 г. была принята Программа по совместным работам в области исследования и использования космического пространства в мирных целях. Эта дата считается началом практической реализации программы «Интеркосмос», получившей свое официальное наименование в 1970 г. В каждой из девяти стран — участниц программы — НРБ, ВНР, ГДР, Кубе, МНР, ПНР, ЧССР, СРР, СССР — был создан координационный орган, отвечающий за выполнение программы сотрудничества в целом. В 1979 г. к этим странам присоединилась СРВ.

Программа предусматривала проведение совместных исследований в области космической физики и биологии, метеорологии, дистанционного зондирования Земли и другим направлениям. В соответствии с программой Советский Союз безвозмездно предоставил для космических исследований свою технику — ракеты и спутники, на которые устанавливалась научная аппаратура, созданная учеными и специалистами государств-участников. В рамках реализации программы с октября 1969 г. по декабрь 1991 г. было запущено 25 искусственных спутников Земли серии «Интеркосмос», причем два из них, «Интеркосмос-Коперник-500» (стартовал в 1973 г.) и «Интеркосмос-Болгария-1300» (стартовал в 1991 г.), были запущены по двусторонним советско-польской и советско-болгарской программам. В рамках программы «Интеркосмос» проводились также эксперименты на геофизических ракетах, научное оборудование стран-участниц «Интеркосмоса» устанавливалось на биологических спутниках серии «Космос», советских автоматических межпланетных станциях и даже использовалось при автономном полете корабля «Союз-22», программа полета которого предполагала использование произведенного в ГДР многозонального фотокомплекса МКФ.

Однако вершиной реализации программы стало осуществление серии полетов космонавтов из стран — участниц программы. Очевидно, что не будь программы «Интеркосмос», космонавты из стран — членов этой организации, особенно Монголии, Кубы и Вьетнама, еще долго не смогли бы побывать на орбите.

13 июля 1976 г. представителями НРБ, ВНР, ГДР, Кубы, МНР, ПНР, СРР и ЧССР и СССР было подписано межправительственное Соглашение о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. Тогда же Советский Союз выступил с инициативой по развитию программы «Интеркосмос», предусматривающей участие граждан этих стран в пилотируемых полетах на советских космических кораблях и орбитальной станции вместе с советскими космонавтами. Разумеется, она было сразу же поддержана и одобрена странами-участницами. На межправительственном

совещании 14 сентября 1976 г. было принято решение о проведении этих полетов в период с 1978 по 1983 гг.

К моменту их начала Советский Союз планировал осуществить запуск орбитальной станции нового поколения, обладающей двумя стыковочными узлами. Это позволяло организовать полеты на станцию краткосрочных экспедиций посещения: именно в таких экспедициях должны были быть задействованы граждане стран-участниц «Интеркосмоса».

Было принято решение о проведении полетов в два этапа: три первых полета планировалось провести в 1978 г., остальные — позднее, в 1979–1981 гг.

Первые три полета отводились для граждан ГДР, ПНР и ЧССР — стран, с самого начала участвовавших в разработке аппаратуры и экспериментов для спутников серии «Интеркосмос» и способных максимально быстро подготовить программы исследований для своих космонавтов.

Всего в течение 1976–1979 гг. было проведено три набора космонавтов. В первом наборе, состоявшемся в 1976 г., приняли участие граждане Германской Демократической Республики (ГДР), Польской Народной Республики (ПНР) и Чехословацкой Социалистической Республики (ЧССР).

На следующий год был дан старт второму набору космонавтов, в котором приняли участие граждане всех остальных стран — членов организации: Народной Республики Болгарии (НРБ), Венгерской Народной Республики (ВНР), Республики Куба, Монгольской Народной Республики (МНР) и Социалистической Республики Румыния (СРР).

Вступление в 1979 г. в «Интеркосмос» Социалистической Республики Вьетнам (СРВ) потребовало проведения третьего набора, в котором участвовали граждане только этой страны.

Всего в рамках пилотируемой программы полетов было подготовлено 18 космонавтов из стран-участниц программы «Интеркосмос», прошедших подготовку в составе международных экипажей, в каждый из которых входил советский космонавт и представитель государства-участника программы, осуществлено 9 совместных полетов, 8 стыковок со станцией. Одна стыковка не состоялась из-за аварии основной двигательной установки корабля. Вероятность невозвращения корабля «Союз-33» с советско-болгарским экипажем на Землю была очень высокой, но все закончилось благополучно.

2 марта 1978 г. состоялся запуск космического корабля «Союз-28» с первым международным экипажем: командир корабля **летчик-космонавт СССР А. А. Губарев** и космонавт-исследователь **гражданин ЧССР Владимир Ремек** (позывные космонавтов «Зенит»). Через сутки была произведена стыковка корабля «Союз-28» с орбитальным

комплексом «Салют-6»–«Союз-27» со стороны агрегатного отсека станции.

Программа работ международного экипажа предусматривала проведение в течение 7 сут научно-технических исследований и экспериментов, а также осуществление ряда других мероприятий (телевизионные репортажи, кинофотосъемки с целью документирования деятельности международного экипажа на борту «Салюта-6», бортовая пресс-конференция и т. п.). Эти эксперименты были подготовлены чехословацкими специалистами совместно с их советскими коллегами.

Уже на исходе 3 марта космонавты А. А. Губарев и В. Ремек приступили к выполнению первого советско-чехословацкого эксперимента «Хлорелла». Он проводился с целью изучения влияния невесомости на рост одноклеточной водоросли. Хлорелла получила широкую известность как «космическая водоросль». Результаты этого эксперимента освещались в научной печати, о них докладывалось на международных конференциях. В частности, они показали, что состояние невесомости никак не влияет на скорость роста популяции водорослей. Принципиальных различий между свойствами популяций, выращенных из этих клеток и из тех, которые сохранялись во время полета в состоянии покоя на Земле, также не было обнаружено.

На следующий день после осуществления эксперимента «Хлорелла» космонавты приступили к выполнению других советско-чехословацких экспериментов, в частности технологических экспериментов «Морава», открывших серию исследований в области космического материаловедения, которые были продолжены в ходе полетов последующими международными экипажами. Цель космической технологии — использование факторов космического полета для получения полезных и подавления вредных влияний на процесс изготовления веществ и создание новых, технически перспективных материалов. Задача серии технологических экспериментов под общим названием «Морава» состояла в исследовании новых материалов, полученных в состоянии почти полной невесомости (микрогравитации), в выяснении связи между этими условиями и условиями кристаллизации, в выявлении воздействия микрогравитации на структуру и другие физические характеристики конденсированных систем.

Следующий эксперимент относился к медико-биологическим. С целью изучения кислородного режима в тканях человека, находящегося в условиях невесомости, был проведен советско-чехословацкий эксперимент «Кислород». Он выполнялся с помощью прибора «Оксиметр», разработанного специалистами ЧССР.

Полученные в ходе эксперимента «Кислород» данные позволяют оценить интенсивность окислительных процессов в тканях космонавта в условиях невесомости, т. е. тех процессов, которые являются

показателем интенсивности энергетического обмена в организме, что имеет существенное значение для оценки эффективности профилактических мероприятий, проводимых на борту пилотируемых аппаратов.

Следующий эксперимент из серии медико-биологических, «Опрос», был подготовлен специалистами СССР, ЧССР и ПНР. В ходе полета международного экипажа эксперимент проводился дважды: космонавты ответили на вопросы специального медико-психологического опросника о состоянии здоровья и воздействии внешней среды на психическую деятельность, о выполнении поставленных задач. Материалы данного эксперимента позволяют оценить изменения в субъективной сфере человека, адаптирующегося к необычным факторам окружающей среды, и будут использоваться при дальнейшем совершенствовании условий проживания и деятельности человека в замкнутом объеме.

Цель медико-биологического эксперимента «Теплообмен-2» — изучить охлаждающие свойства среды, в которой обитают экипажи космических кораблей и орбитальных станций.

Большую часть четвертого дня полета А. А. Губарев и В. Ремек отвели эксперименту «Экстинкция», в ходе которого они наблюдали за изменением яркости звезд при их заходе за ночной горизонт Земли. В течение пребывания А. А. Губарева и В. Ремека на борту научного орбитального комплекса был успешно проведен первый этап эксперимента «Экстинкция». Полученный визуально-наблюдательный материал послужит основой для разработки и изготовления фотоэлектронного фотометра, предназначенного для прецизионных измерений параметров этого явления в космических условиях.

Программа работ международного экипажа на борту научного орбитального комплекса была очень напряженной. Помимо упомянутых исследований и экспериментов, международный экипаж осуществлял кино- и фотосъемки, проводил наблюдения отдельных районов Земли, в том числе ледников и снежного покрова по программе изучения окружающей среды в научных и народнохозяйственных целях. Космонавты сделали несколько телевизионных репортажей с борта станции, в которых поделились своими впечатлениями о пребывании в космосе, рассказами о проводимых научных исследованиях, познакомили телезрителей с предметами символического характера, взятыми ими на борт станции. Проводилась и бортовая телевизионная пресс-конференция, в ходе которой космонавты ответили на вопросы журналистов социалистических стран, аккредитованных в Центре управления полетом.

Впервые в мире на борту станции «Салют-6» было открыто «космическое» международное отделение связи: двумя специальными штепселями — советским и чехословацким — были погашены взятые на борт конверты, предназначенные для экспонирования в музеях СССР и ЧССР. Четыре космонавта подписали на борту свидетельство

Федерации авиационного спорта СССР о полете международного экипажа.

После завершения программы работ, 10 марта 1978 г., международный экипаж в составе А. А. Губарева и В. Ремека возвратился на Землю в спускаемом аппарате корабля «Союз-28». Общее время полета космонавтов А. А. Губарева и В. Ремека составило 7 сут 22 ч 16 мин. На Землю доставлены материалы с результатами совместных исследований и экспериментов, а также материалы, содержащие научную информацию, полученную в ходе предшествующего полета станции «Салют-6».

27 июня 1978 г. был осуществлен запуск корабля «**Союз-30**» с международным экипажем (позывные «Кавказ»): командир корабля **П. И. Климук**, космонавт-исследователь **Мирослав Гермашевский (ПНР)**. 28 июня 1978 г. после стыковки корабля со станцией со стороны агрегатного отсека был образован пилотируемый научно-исследовательский комплекс «Союз-29»–«Салют-6»–«Союз-30».

Программа работ международного экипажа предусматривала проведение в течение 7 сут научно-технических исследований и экспериментов, подготовленных совместно учеными и специалистами социалистических стран — участниц программы «Интеркосмос».

В ходе полета космонавтам предстояло выполнить около десяти медицинских, технологических и геофизических исследований и экспериментов, при этом часть из них являлась повторением экспериментов, выполненных советско-чехословацким международным экипажем.

Выполнение запланированной программы исследований международного экипаж начал 29 июня с комплексного обследования систем кровообращения с помощью многофункциональной аппаратуры «Полином-2М», а также приборов «Реограф» и «Бета». При этом у членов экипажа регистрировались реограммы, кардиограммы и другие показатели. Результаты проведенного обследования позволили получить данные об особенностях перераспределения крови в организмах космонавтов и о состоянии их сердечной деятельности.

На следующий день исследования реакции сердечно-сосудистой системы были продолжены — в условиях имитации действия гидростатического давления с использованием вакуумного костюма «Чибис». Использование этого костюма позволяет проверить функционирование кровеносных сосудов ног космонавта и компенсационные возможности его системы кровообращения, чтобы устранить нежелательные эффекты, порождаемые воздействием невесомости на организм человека и особенно заметные в период адаптации. Для предотвращения этих нежелательных явлений и был использован специальный костюм «Чибис», создающий пониженное давление в области, прилегающей к нижней части человеческого тела.

Прибор «Кардиолидер» космонавты использовали также и в эксперименте «Спринт», в котором исследовалась оптимизация физической нагрузки космонавта на бегущей дорожке или велоэргометре. При этом определялась частота сокращений сердечной мышцы, которая зависит от уровня работоспособности организма. Прибор позволяет контролировать работу сердца космонавта, сигнализируя о достижении заданной нагрузки и предостерегая звуковым сигналом о выходе за обозначенные пределы перегрузки.

Во второй половине дня 29 июня космонавты приступили к проведению технологического эксперимента «Сирена», разработанного совместно советскими и польскими учеными. Этот эксперимент проводился на советской электронагревательной установке «Сплав» и стал логическим продолжением советско-чехословацкого эксперимента «Морава», выполненного предыдущей международной экспедицией.

Советско-польский международный экипаж повторил эксперименты «Опрос», «Теплообмен» и «Кислород», впервые осуществленные предыдущим международным экипажем, причем эксперимент «Кислород» П. И. Климук и М. Гермашевский повторили несколько раз. Эти эксперименты были подготовлены совместно учеными и специалистами СССР, ЧССР и ПНР. Кроме того, советско-польский международный экипаж выполнил два новых медико-психологических эксперимента — «Вкус» и «Досуг», подготовленные советскими и польскими специалистами.

Значительную часть времени пребывания на орбитальной станции члены международного экипажа уделили наблюдениям и фотографированию отдельных районов Земли и акватории Мирового океана в рамках эксперимента «Земля», разработанного учеными СССР, ГДР и ПНР. Эксперимент заключался в сравнении результатов одновременных наблюдений отдельных территорий, в том числе территории Польши, проводившихся с борта орбитальной станции, с самолета и с поверхности Земли. Съемки в эксперименте «Земля» выполнялись с помощью многозональной фотоаппаратуры МКФ-6М, разработанной специалистами СССР и ГДР и изготовленной в ГДР. В рамках этого эксперимента космонавты сделали свыше 2500 снимков.

Наконец, следует сказать несколько слов об эксперименте, который космонавты П. И. Климук и М. Гермашевский выполнили уже после возвращения из космоса. Как известно, состояние здоровья космонавтов тщательно исследуется перед стартом, во время полета и после его завершения, когда космонавты возвращаются на Землю. В ходе эксперимента, получившего название «Здоровье», с помощью новой методики оценивалась физическая работоспособность космонавтов после возвращения на Землю.

Помимо рассмотренных исследований и экспериментов, космонавты ежедневно проводили с борта станции телевизионные репортажи, в которых рассказывали о своей работе, о проделанных экспериментах, делились впечатлениями о тех процессах и явлениях, которые им удалось наблюдать. Состоялась бортовая телевизионная пресс-конференция, в ходе которой космонавты ответили на вопросы журналистов социалистических стран, аккредитованных в центре управления полетом.

5 июля 1978 г. после успешного завершения программы работ на борту научного орбитального комплекса «Салют-6»–«Союз-29»–«Союз-30» космонавты П. И. Климук и М. Гермашевский возвратились на Землю. Посадка спускаемого аппарата корабля «Союз-30» произошла в 16 ч 30 мин по московскому времени в заданном районе территории Советского Союза, в 300 км западнее Целинограда. Общее время полета космонавтов П. И. Климук и М. Гермашевского составило 7 сут 22 ч 3 мин.

Следующий международный экипаж (позывные «Ястреб») в составе командира **В. Ф. Быковского** и космонавта-исследователя **Зигмунда Йена (ГДР)** стартовал **26 августа 1978 г.** на корабле «Союз-31», который на следующий день состыковался со станцией со стороны агрегатного отсека.

Международному экипажу предстояло в течение 7 сут выполнить широкую программу научно-технических исследований и экспериментов, большинство из которых были разработаны совместно учеными и специалистами СССР и ГДР. В подготовке экспериментов для этого международного экипажа принимали участие и специалисты ЧССР и ПНР.

Выполнение запланированной программы исследований космонавты В. Ф. Быковский и З. Йен начали 28 августа с комплексного обследования сердечно-сосудистой системы каждого из них. С помощью аппаратуры «Полином-2М», приборов «Реограф», «Бета» у членов экипажа регистрировались электрокардиограмма, реограммы, баллистокардиограммы и другие показатели. Затем космонавты приступили к выполнению медико-биологических экспериментов по изучению воздействия факторов космического полета на развитие бактерий и культуры тканей.

В тот же день начался технологический эксперимент «Беролина» (по космическому материаловедению), который являлся продолжением советско-чехословацкого эксперимента «Морава» и советско-польского эксперимента «Сирена».

Международный экипаж повторил эксперименты «Кислород», предложенный чехословацкими специалистами, «Вкус» и «Опрос», разработанные польскими специалистами.

Три медицинских эксперимента были подготовлены в ГДР Институтом авиационной медицины, Академией наук и рядом предприятий совместно с советскими коллегами. В эксперименте «Аудио» выяснялось влияние невесомости на порог слухового восприятия космонавта. В эксперименте «Время» исследовались поведенческие реакции человека, а также динамика субъективного чувства времени у членов международного экипажа в условиях космического полета. В эксперименте «Речь», разработанном учеными СССР и ГДР, учитывался тот факт, что человеческий голос не только способен передавать деловую информацию, но и обладает тембром, громкостью, темпом и другими характеристиками, по которым можно судить об эмоциональном состоянии человека, степени его возбужденности. При проведении эксперимента специалисты как раз имели возможность получить объективные данные о душевном состоянии космонавта, о выдерживаемых им нагрузках и его психологической устойчивости.

Цикл биологических исследований включал эксперименты «Метаболизм бактерий», «Культура тканей» и «Рост бактерий».

В техническом эксперименте «Репортер» испытывалась работоспособность автоматической фотокамеры «Практика-ЕЕ» (ГДР).

Третьим международным экипажем был выполнен комплекс интереснейших экспериментов в области геофизики и изучения природных ресурсов Земли из космоса. В эксперименте «Поляризация» космонавты измеряли поляризацию солнечного света, переизлученного атмосферой и отраженного Землей. В эксперименте «Радуга-М» по изучению природных ресурсов Земли из космоса международный экипаж с помощью многозональной фотокамеры МКФ-6М провел фотосъемки отдельных районов земной поверхности и акватории Мирового океана, а также атмосферных явлений. Цель эксперимента «Биосфера» по дистанционному зондированию Земли для получения информации о гео- и биосфере и о физических свойствах природных образований на земной поверхности состояла в том, чтобы получить новые данные для изучения окружающей среды, для выявления долговременных природных процессов и их динамики.

Космонавты ежедневно проводили телевизионные репортажи с бортовой станции, в которых рассказывали о своей работе, о проводимых исследованиях и экспериментах. Состоялась традиционная бортовая телевизионная пресс-конференция, в ходе которой космонавты ответили на вопросы журналистов социалистических стран, аккредитованных в Центре управления полетом. На станции «Салют-6» продолжало работать «космическое» международное отделение связи: двумя специальными штемпелями — СССР и ГДР — были погашены взятые на борт конверты, предназначенные для экспонирования в музеях этих стран. Четыре космонавта подписали на борту научно-исследовательского

комплекса свидетельство Федерации авиационного спорта СССР о полете по программе «Интеркосмос».

3 сентября 1978 г. после успешного завершения программы совместных работ на борту научного орбитального комплекса «Салют-6»–«Союз-29»–«Союз-31» космонавты В. Ф. Быковский и З. Йен возвратились на Землю. Посадка спускаемого аппарата корабля «Салют-29» с космонавтами произошла в заданном районе территории Советского Союза, в 140 км юго-восточнее Джезказгана. Общее время полета космонавтов В. Ф. Быковского и З. Йена составило 7 сут 20 ч 49 мин.

Четвертый по счету международный экипаж в составе командира корабля **«Союз-33» Н. Н. Рукавишников** и космонавта-исследователя, гражданина **НРБ Георгия Иванова** (позывные «Сатурн») вышел на орбиту **10 апреля 1979 г.**

11 апреля в 21 ч 54 мин по московскому времени началось сближение корабля с орбитальным комплексом, однако в процессе сближения возникли отклонения от штатного режима в работе сближающе-корректирующей двигательной установки корабля «Союз-33». Стыковка корабля со станцией «Салют-6» была отменена, и принято решение о возвращении экипажа на Землю.

В сложной и трудной обстановке возвращения на Землю, когда импульс схода с орбиты обеспечивала резервная двигательная установка корабля, а спуск проходил по баллистической траектории (в отдельные моменты времени перегрузки при этом достигали 8–10 g), космонавты Н. Н. Рукавишников и Г. Иванов действовали уверенно и хладнокровно, четко взаимодействовали со службами Центра управления полетом, проявили высокую выдержку и мужество.

12 апреля 1979 г. в 19 ч 35 мин по московскому времени спускаемый аппарат космического корабля «Союз-33» совершил посадку в заданном районе территории Советского Союза, в 320 км юго-восточнее Джезказгана. Продолжительность полета советско-болгарского экипажа составила 1 сут 23 ч 1 мин.

Ученые и специалисты Болгарии вместе со своими советскими коллегами подготовили для международного экипажа 16 геофизических, физико-технических, астрофизических и медико-биологических исследований и экспериментов. Впоследствии советские космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин на борту научно-исследовательского орбитального комплекса «Салют-6»–«Союз» выполнили большую часть этих экспериментов.

С помощью электрофотометра «Дуга», созданного в НРБ и предназначенного для измерений в видимой части спектра, была осуществлена серия экспериментов («Экватор», «Полюс», «Эмиссия», «Свечение»), имеющих важное значение в исследовании ряда физических процессов, которые протекают в верхних слоях земной атмосферы, связанных

как с локальными аэрономическими процессами, так и с воздействием магнитосферы на ионосферу.

С помощью спектрофотометра «Спектр-15», созданного специалистами НРБ, В. А. Ляхов и В. В. Рюмин провели эксперимент «Контраст» по исследованию изменения передаточной функции атмосферы в зависимости от ее загрязнения над крупными промышленными районами, находящимися вблизи водных бассейнов. С использованием этого же спектрофотометра выполнялся эксперимент «Атмосфера», цель которого заключалась в определении передаточной функции атмосферы из космоса и в исследованиях оптических характеристик атмосферы па основе измерения угловой структуры излучения и спектральной яркости Земли.

Кроме того, с помощью этого прибора осуществлялись эксперименты: «Горизонт» — по спектрометрированию и фотографированию ночного, сумеречного и дневного горизонтов Земли в 15 спектральных зонах; «Ореол» — по наблюдению и фотографированию захода и восхода Солнца, а также ночного и дневного горизонта Земли для исследования физических процессов, протекающих в земной атмосфере; «Иллюминатор» — по измерению спектрального пропускания иллюминатора станции в видимой и ближней инфракрасной областях спектра.

В эксперименте же «Балкан» космонавты использовали для съемок отдельных районов земной поверхности и акватории Мирового океана фотокамеры МКФ-6М (ГДР) и КТ-140 (СССР).

На советских установках «Сплав» и «Кристалл» осуществлялась серия технологических экспериментов под общим названием «Пирин», исходные материалы для которых были подготовлены болгарскими специалистами.

Наконец, космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин выполнили ряд медико-биологических экспериментов, подготовленных специалистами НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР.

9 октября 1979 г. в Институте космических исследований АН СССР болгарским ученым были переданы материалы с результатами этих экспериментов.

26 мая 1980 г. стартовал космический корабль «Союз-36» с командиром **В. Н. Кубасовым** и космонавтом-исследователем, гражданином **ВНР Берталаном Фаркашем** (позывные «Орион»). На следующий день корабль состыковался с орбитальным комплексом и два космических экипажа приступили к совместному выполнению научной программы исследований, разработанной советскими и венгерскими учеными.

В печах орбитальной станции «Кристалл» и «Сплав» Кубасов и Фаркаш осуществили эксперименты по получению сплавов и изучению структуры материалов в рамках подготовленной венгерскими

специалистами программы «Этвеш» (она названа так по имени выдающегося венгерского ученого Лоранда Этвеша) и разработанной советскими учеными программы «Беалуца». Космонавты испытали разработанный сотрудниками будапештского Центрального научно-исследовательского института физики миниатюрный прибор «Пилле», предназначенный для измерения доз радиации, которой подвергается космический корабль. Кроме того, они провели медико-биологические эксперименты по определению работоспособности космонавтов; в рамках эксперимента «Интерферон» изучали влияние состояния невесомости на образование интерферона в белковой культуре. В программу были включены также атмосферные наблюдения, изучение явлений природы в рамках серии опытов в биосфере.

Успешно выполнив эту программу, международный экипаж завершил восьмисуточный полет, приземлившись 3 июня в спускаемом аппарате корабля «Союз-35».

Международный экипаж в составе **В. В. Горбатко** и космонавта-исследователя, гражданина **СРВ Фам Туана** (позывные «Терек») вышел на орбиту **23 июля 1980 г.** на корабле «Союз-37» и на следующий день произвел стыковку с космическим комплексом.

На станции были проведены эксперименты: «Азола» (изучение влияния невесомости на процессы роста и развития, а также морфологическую структуру высшего растения Азолы пиннаты), «Кровообращение» (изучение реакции системы кровообращения на невесомость), «Биосфера-В» (дистанционное зондирование Земли), «Имитатор» (измерение температур в разных точках нагревательной камеры установки «Кристалл»), «Опрос» (продолжение советско-польского эксперимента по изучению индивидуальных особенностей психической адаптации человека к факторам среды обитания, характерной для космического полета), «Дыхание» (определение параметров дыхания и жизненной емкости легких с помощью аппаратуры «Пневмотест-78»), «Контраст» (определение количественных и качественных изменений функции атмосферы в районах крупных городов и промышленных центров), «Экватор» (исследование свечения верхних слоев атмосферы в районе экватора), «Полюс» (исследование вертикальной структуры основных эмиссионных линий в полярных сияниях), «Эмиссия» (исследование широтного распределения основных эмиссионных линий с спектре собственного свечения атмосферы), «Свечение» (наблюдение свечения в районах средних широт), «Халонг» (выращивание полупроводниковых кристаллов из раствора трехкомпонентной системы висмут–сурьма–теллур), «Обмен веществ» (изучение характера обменных процессов и состояния основных регуляторных систем организма человека), «Оператор» (изучение воздействия внешних факторов на работоспособность человека).

Выполнив совместные работы с основным экипажем, 31 июля 1980 г. в 18:15 международный экипаж после 8-суточного полета вернулся на Землю в спускаемом аппарате корабля «Союз-36».

Очередной, седьмой международный экипаж в составе командира **Ю. В. Романенко** и космонавта-исследователя, гражданина **Республики Куба Арнальдо Тамайо Мендеса** (позывные «Таймыр») стартовал **18 сентября 1980 г.** на корабле «**Союз-38**». Впервые в космическом полете по программе «Интеркосмос» принял участие представитель социалистической страны Западного полушария.

На следующий день после старта корабль состыковался со станцией и советско-кубинский экипаж приступил к выполнению программы исследований с участием основного экипажа. После успешного выполнения программы совместного полета 26 сентября 1980 г. корабль «Союз-38» с экспедицией посещения отстыковался от станции и в тот же день совершил посадку. Продолжительность полета составила 7 сут 20 ч 43 мин 24 с.

На корабле «**Союз-39**» **22 марта 1981 г.** в космос стартовал следующий международный экипаж: командир **В. А. Джанибеков** и космонавт-исследователь, гражданин **МНР Жугдэрдэмидийн Гуррагча** (позывные «Памир»). На следующий день после стыковки с орбитальным комплексом основной экипаж и экипаж экспедиции посещения выполнили работу по программе «Интеркосмос». Фотографировались отдельные районы земной суши и акватории Мирового океана с целью исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды. Выполнен ряд технологических экспериментов по изучению процессов диффузии и массопереноса, по получению новых соединений в условиях микрогравитации. Особое внимание уделялось отработке новых методов записи и передачи голографических изображений объектов для решения различных научно-технических задач в космосе. Восьмисуточный полет международного экипажа был успешно завершён 30 марта.

Следующий за этим международный экипаж в составе командира **Л. И. Попова** и космонавта-исследователя, гражданина **СРР Думитру Прунариу** («Днепры») стартовал на корабле «**Союз-40**» **14 мая 1981 г.** и работал на орбитальном комплексе с основным экипажем с 15 по 22 мая, выполнив запланированную программу исследований. Во время полета был проведен широкий комплекс исследований и экспериментов по астрофизике, космической радиации, материаловедению, космической медицине и биологии. Полет продолжался 7 сут 20 ч 41 мин 52 с.

Таблица 10.1

Полеты космонавтов по программе «Интеркосмос»

Экипаж	КК при старте, назначение	Дата и время старта	Длительность полета космонавтов	Примечание
БЫКОВСКИЙ В.Ф. АКСЕНОВ В.В.	«Союз-22»	1976.09.15, 09:48:30	7 сут 21:52:17	Полет с использованием фотокамеры МКФ-6 для многозональной съемки поверхности Земли
ГУБАРЕВ А.А. РЕМЕК В. (ЧССР)	«Союз-28» [«Салют-6»] (ЭП-2)	1978.03.02, 15:28:10	7 сут 22:16:00	Полет первого международного (советско-чехословацкого) экипажа
КЛИМУК П.И. ГЕРМАШЕВСКИЙ М. (ПНР)	«Союз-30» [«Салют-6»] (ЭП-3)	1978.06.27, 15:27:21	7 сут 22:02:59	Полет советско-польского экипажа
БЫКОВСКИЙ В.Ф. ЙЕН З. (ГДР)	«Союз-31» [«Салют-6»] (ЭП-4)	1978.08.26, 14:51:30	7 сут 20:49:04	Полет советско-восточно-германского экипажа
РУКАВИШНИКОВ Н.Н. ИВАНОВ Г.И. (НРБ)	«Союз-33»	1979.04.10, 17:34:34	1 сут 23:01:06	Полет советско-болгарского экипажа. Стыковка с ОС «Салют-6» отменена из-за отказа основного двигателя ТК «Союз-33». Впервые совершен аварийный баллистический спуск с использованием резервного двигателя
КУБАСОВ В.Н. ФАРКАШ Б. (ВНР)	«Союз-36» [«Салют-6»] (ЭП-5)	1980.05.26, 18:20:39,8	7 сут 20:45:44	Полет советско-венгерского экипажа. При посадке не сработали ДМП
ГОРБАТКО В.В. ТУАН Ф. (СРВ)	«Союз-37» [«Салют-6»] (ЭП-7)	1980.07.23, 18:33:02,87	7 сут 20:42:00	Полет советско-вьетнамского экипажа
РОМАНЕНКО Ю.В. ТАМАЙО МЕНДЕС А. (Куба)	«Союз-38» [«Салют-6»] (ЭП-8)	1980.09.18, 19:11:03	7 сут 20:43:24	Полет советско-кубинского экипажа
ДЖАНИБЕКОВ В.А. ГУРРАГЧА Ж. (МНР)	«Союз-39» [«Салют-6»] (ЭП-10)	1981.03.22, 14:58:55	7 сут 20:42:03	Полет советско-монгольского экипажа
ПОПОВ Л.И. ПРУНАРИУ Д. (СРР)	«Союз-40» [«Салют-6»] (ЭП-11)	1981.05.14, 17:16:38	7 сут 20:41:52	Полет советско-румынского экипажа

10.3. Космические полеты по межправительственным соглашениям

Международный экипаж в составе командира **В. А. Джанибекова**, бортинженера **А. С. Иванченкова** и космонавта-исследователя, гражданина **Французской Республики Жан-Лу Кретьена** (позывные «Памир») стартовал **24 июня 1982 г.** на корабле **«Союз Т-6»**.

После стыковки, состоявшейся на следующий день, на борту станции «Салют-7» семь суток работал экипаж из пяти космонавтов.

Научная программа полета международного экипажа была подготовлена специалистами СССР и Франции. С помощью французской аппаратуры «Эхограф» изучались функции сердца, скорость кровотока в сосудах и их геометрические размеры. При выполнении эксперимента «Поза» регистрировалась биоэлектрическая активность мышц, участвующих в поддержании устойчивости тела. Проводились эксперименты по космическому материаловедению на установке «Кристалл», исследовались атмосфера Земли, межпланетная среда, галактические и внегалактические источники излучения. После выполнения программы полет был успешно завершён 2 июля 1982 г.

03.04.1984–11.04.1984

СССР–Индия. Ю. Малышев, Г. Стрекалов — Р. Шарма. «Союз Т-11»–«Салют-7».

В течение полета Ракеш Шарма провел мультиспектральную фотосъемку северной Индии в целях строительства гидроэлектростанций в Гималаях. Ракеш Шарма и его дублер Равиш Малхотра также подготовили сложный ряд упражнений йоги для невесомости, которыми Шарма занялся на борту «Салюта-7».

22.07.1987–30.07.1987

СССР–Сирия. А. Викторенко, А. Александров — М. Фарис. «Союз ТМ»–ОК «Мир».

Старт советско-сирийского экипажа состоялся 22 июля 1987 г. в 5 ч 59 мин. Стыковка корабля «Союз ТМ-3» с орбитальным комплексом «Мир» была осуществлена 24 июля в 7 ч 31 мин.

«Союз ТМ-5» (ЭП-2) — А. Соловьев, В. Савиных, Г. Александров (Болгария). Пробыли на станции с 9 по 17 июня 1988 г.

«Союз ТМ-6» (ЭП-3) — В. Ляхов, М. Ахад (Афганистан) доставила на станцию В. Полякова, который в этом первом своем полете пробыл на станции около 110 сут. Ляхов и Ахад были на станции с 9 августа по 7 сентября 1988 г.

«Союз ТМ-7» (ЭО-4) — А. Волков, С. Крикалев (28.11.88–27.04.89 на станции) доставили Ж.-Л. Кретьена (Франция), который через 24 сут вернулся с экипажем ЭО-3 и забрали В. Полякова.

«Союз ТМ-11» (ЭО-8) — В. Афанасьев и М. Манаров стартовали 2 декабря 1990 г., доставив Т. Акияму (Япония).

«Союз ТМ-12» (ЭО-9) — А. Арцебарский и С. Крикалев, а также Х. Шарман (Великобритания) стартовали 2 мая 1991 г.

«Союз ТМ-13» (ЭО-10) — А. Волков стартовал 2 октября 1991 г. с Т. Аубакировым (Казахстан) и Ф. Фибекком (Австрия).

«Союз ТМ-14» (ЭО-11) — А. Викторенко и А. Калери стартовали 17 марта 1992 г., привезли на станцию К.-Д. Фладе (Германия).

«Союз ТМ-15» (ЭО-12) — А. Соловьев и С. Авдеев стартовали 27 июля 1992 г., привезли на «Мир» на период «пересменки» М. Тонини (Франция).

«Союз ТМ-17» (ЭО-14) — В. Циблиев и А. Серебров стартовали 1 июля 1993 г. вместе с Ж.-П. Энъере (Франция), который пробыл на станции около 18 сут.

«Союз ТМ-20» (ЭО-17) — А. Викторенко, Е. Кондакова стартовали 3 октября 1994 г. вместе с У. Мербольдом (Германия).

«Союз ТМ-21» (ЭО-18) — В. Дежуров, Г. Стрекалов и Н. Тагард (США) — впервые стартовал российско-американский экипаж 14 марта 1995 г. Команда пробыла на «Мире» с 16 марта по 4 июля 1995 г. Спустились вместе на Землю на американском челноке «Атлантис» (STS-71) через три дня после расстыковки со станцией.

10.4. Программы «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA» — первый этап создания МКС

17 июня 1992 г. было заключено «Соглашение между Российской Федерацией и США о сотрудничестве в исследовании космического пространства в мирных целях», подписанное в Вашингтоне Б. Н. Ельциным и Дж. Бушем. В соответствии с этим соглашением Российское космическое агентство и Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства разработали совместную программу «Мир–Шаттл», состоящую из трех взаимосвязанных проектов: полетов российских космонавтов на американском космическом корабле многоразового использования «Спейс шаттл», полета американских астронавтов на российской космической станции «Мир» и совместного полета, включающего сближения и стыковку МТКК «Спейс шаттл» со станцией «Мир».

5 октября 1992 г. в целях дальнейшего развития Межправительственного соглашения о сотрудничестве в космосе между Россией и США, подписанного Председателем Правительства Российской Федерации В.С. Черномырдиным и вице-президентом США А. Гором, между РКА и NASA подписано соглашение о полете российского космонавта на МТКК «Спейс шаттл» и полете американского астронавта на станции «Мир» продолжительностью около трех месяцев. Эта программа получила название «Мир–Шаттл». Этим же соглашением предусматривалась стыковка МТКК «Спейс шаттл» со станцией «Мир» и их совместный полет в 1995 г.

Для осуществления стыковки станции «Мир» и МТКК «Спейс шаттл» на модуле «Кристалл», уже работающем в составе станции,

имелся андрогинный стыковочный агрегат, апробированный российской стороной в январе 1993 г. при полете транспортного корабля «Союз ТМ-16». Однако для выполнения ручной стыковки экипажем корабля «Шаттл» потребовалась установка на крышку люка стыковочного агрегата модуля «Кристалл» специальной мишени. Для выполнения стыковки корабль «Шаттл» необходимо было оснастить стыковочным агрегатом, совместимым с уже имеющимся на модуле «Кристалл».

Рассмотрение дальнейших направлений возможного сотрудничества привело к объединению национальных программ по созданию новых орбитальных станций («Мир-2» в России и «Фридом» в США). В соответствии с решениями российско-американской комиссии по энергетике и космосу от 2 сентября 1993 г. специалисты обеих стран подготовили детальный план работ по Международной космической станции (МКС), определив ее общую конфигурацию, объемы и формы работ. Данный план по существу является долгосрочной совместной российско-американской программой пилотируемых космических полетов и состоит из трех этапов (фаз). Первый этап предусматривал совместные полеты российских космонавтов и американских астронавтов на МТКК «Спейс шаттл» и станции «Мир». Второй этап — это начало создания принципиально новой космической станции на основе российского и американского оборудования. В ходе третьего этапа строительство МКС должно быть полностью завершено.

Ранее разработанная программа «Мир–Шаттл» стала составной частью первого этапа (фаза 1А). В соответствии с этой программой выполнены два полета российских космонавтов на американском корабле «Дискавери» (во втором полете осуществлялось сближение со станцией «Мир» до 11 м), длительный полет американского астронавта на российской станции «Мир» в составе экипажа основной экспедиции, стыковка американского корабля «Атлантис» со станцией «Мир» и смена экипажа основной экспедиции на российской орбитальной станции.

Для участия в программе полета российских космонавтов на американском корабле «Спейс шаттл» от России были отобраны космонавты, имевшие большой опыт длительных полетов на орбитальных станциях, — С. К. Крикалев и В. Г. Титов.

Первоначально согласованная программа предполагала старт на корабле «Союз ТМ» американского астронавта, его трехмесячный полет на станции «Мир», выполнение обширной программы медицинских исследований и возвращение на корабле «Атлантис» (STS-71). Специалистов NASA интересовали вопросы, связанные с организацией длительного пребывания человека в космосе. В ходе дальнейших переговоров американская сторона поставила вопрос о возвращении на корабле «Спейс шаттл» не только американского астронавта, но и всего экипажа, а также о проведении медицинских обследований на территории

США. Хотя для нашей страны такая программа и не представляла интереса, так как требовала подготовки дополнительно еще одного экипажа для замены, в процессе длительных обсуждений российские специалисты согласились с таким изменением. В ходе переговоров американская сторона предложила расширить программу совместных работ и провести до 10 стыковок корабля «Спейс шаттл» со станцией «Мир», а также установить время пребывания американских астронавтов на станции «Мир» до двух лет. Предполагались отдельные полеты американских астронавтов на борту станции «Мир» длительностью до полугода с целью приобретения необходимого опыта. В июне 1994 г. на эти работы между РКА и NASA был заключен контракт. В отличие от программы «Мир–Шаттл» эта часть программы совместных полетов получила название «Мир–NASA».

Планами выполнения программы «Мир–Шаттл» (фаза 1А) предусматривались [3]:

- два независимых полета (без стыковки с ОК «Мир») российских космонавтов на КК «Спейс шаттл» (STS-60 и STS-63);
- полет американского астронавта на ТПК «Союз ТМ-21» (№ 70), его работа на ОК «Мир» в течение 3 месяцев и возвращение на «Спейс шаттл» (STS-71);
- работа американского астронавта на американском научном оборудовании, которое будет доставлено на модуле «Спектр»;
- полет двух российских космонавтов на КК «Спейс шаттл» (STS-71) с целью смены экипажа ОК «Мир»;
- возврат на Землю с ОК «Мир» двух российских космонавтов на КК «Спейс шаттл» (STS-71);
- выполнение краткосрочной американской экспедиции на ОК «Мир» (STS-71).

План программы «Мир–NASA» (фаза 1Б) предусматривал [3]:

- 8 стыковок КК «Спейс шаттл» с ОК «Мир»;
- 6 длительных экспедиций американских астронавтов на ОК «Мир» (со сроками пребывания каждой экспедиции на ОК «Мир» от 123 до 184 дней при общем сроке пребывания на «Мире» 831 день, или 2,28 лет);
- 8 краткосрочных экспедиций американских астронавтов на ОК «Мир» в (течение 3–6 дней);
- создание российской стороной специального стыковочного отсека на модуле «Кристалл» для стыковки с КК «Спейс шаттл» и его доставку на ОК «Мир» при полете STS-74;
- доставку американского научного оборудования на модулях «Спектр» и «Природа»;

- установку дополнительных солнечных батарей на модуле «Спектр» для обеспечения электропитанием американского научного оборудования;
- доставку на КК «Спейс шаттл» (STS-74) двух дополнительных солнечных батарей для модуля «Квант», одна из которых должна быть снабжена американскими фотоэлектрическими преобразователями;
- проведение работ по продлению срока службы бортовых служебных систем ОК «Мир».

Выполнение программы «Мир–Шаттл» началось полетом космонавта С. Крикалева на КК «Дискавери» (STS-60), который проходил с 03.02.1994 г. по 11.02.1994 г. и продолжилось полетом космонавта В. Титова на том же КК в рамках полета STS-63 с 03.02.1995 г. до 11.02.1995 г., при проведении которого «Дискавери» сблизился с ОК «Мир» до 10 м [1]. Полет американского астронавта (Норман Тагард) на ОК «Мир» по программе «Мир–Шаттл» состоялся в период основной экспедиции ЭО-18 (В. Н. Дежуров, Г. М. Стрекалов), экипаж которой стартовал на ТПК «Союз ТМ-21» 14.03.1995 г. и перешел на станцию 16.03.1995 г. В составе ЭО-18 Н. Тагард на ОК «Мир» выполнял функции космонавта-исследователя.

При подготовке к стыковке МТКК «Спейс шаттл» со станцией «Мир» проводились сложные подготовительные работы. Модуль «Кристалл» сначала был перенесен на продольную, а затем на поперечную оси станции. 20 мая 1995 г. был осуществлен запуск модуля «Спектр», а 1 июня 1995 г. — его стыковка со станцией «Мир» к продольной оси станции. После стыковки с помощью манипулятора модуль «Спектр» был перенесен на поперечную ось. Модуль «Кристалл» возвращен на продольную ось станции, и тем самым был подготовлен порт для приема корабля «Шаттл».

В составе экипажа STS-71 были два российских космонавта — А. Я. Соловьев и Н. М. Бударин, которые должны были сменить экипаж основной восемнадцатой экспедиции на станции «Мир». Стыковка была осуществлена 29 июня 1995 г., после чего экипажи продолжали выполнять совместную научную программу, начатую экипажем восемнадцатой экспедиции. Полет являлся во многом уникальным.

Во-первых, на российской станции присутствовал астронавт США, причем в течение полного срока пребывания ЭО-18 (113 дней). Данный срок — рекордный для американских астронавтов, предыдущий рекорд был установлен еще в 1973 г. на станции «Скайлэб» (84 дня).

Во-вторых, впервые была осуществлена стыковка американского МТКК «Спейс шаттл» со станцией «Мир» и в течение пяти дней на орбите работал 209-тонный орбитальный комплекс с четырьмя

российскими космонавтами (экипажи ЭО-18 и ЭО-19) и шестью американскими астронавтами (Н. Тагард и пятеро членов экипажа STS-71).

В-третьих, смена российских экипажей ЭО-18 и ЭО-19 проводилась впервые без использования корабля типа «Союз». После расстыковки МТКК «Спейс шаттл» на станции «Мир» остался экипаж ЭО-19, а экипаж ЭО-18 с Н. Тагардом и пятью членами STS-71 возвратился на Землю (территория США).

Всего в период работы экипажа восемнадцатой основной экспедиции с В. Н. Дежуровым, Г. М. Стрекаловым и Н. Тагардом из 227 сеансов экспериментов, предусмотренных номинальным планом по программе «Мир–Шаттл», проведено 205 сеансов. Все материалы исследований были возвращены на Землю на корабле «Атлантис» (STS-71) 7 июля 1995 г. Таким образом, предусмотренная на этапе ЭО-18 программа исследований по проекту «Мир–Шаттл» была в основном выполнена.

По согласованной программе совместных работ следующий полет МТКК «Спейс шаттл» (STS-74) к станции «Мир» состоялся в ноябре 1995 г. В ходе стыковки 15 ноября к станции «Мир» был присоединен стыковочный отсек, доставленный кораблем «Атлантис».

Во время полета корабля «Атлантис» (STS-76) 24 марта 1996 г. была проведена стыковка с комплексом «Мир» через стыковочный отсек, доставленный ранее тем же кораблем «Атлантис» (STS-74). На корабле прибыла американский астронавт Шеннон Люсид, входящая в состав основной экспедиции станции «Мир», для проведения исследований с помощью американской аппаратуры в течение пяти месяцев.

После полета корабля «Атлантис» (STS-76) 23 апреля 1996 г. осуществлен запуск к станции модуля «Природа», на котором, кроме американской аппаратуры, устанавливается аппаратура, разработанная странами, входящими в Европейское космическое агентство. Эта аппаратура должна была расширить возможности проведения исследований природных ресурсов Земли.

Таким образом, в 1995 г. была заложена основа предстоящих работ по программе «Мир–NASA» на последующие 1996–1997 гг. В течение этих лет предусматривается осуществить семикратную стыковку корабля «Шаттл» со станцией «Мир» с общей длительностью полетов американских астронавтов на станции «Мир» до двух лет.

Закончилась программа «Мир–Шаттл» экспедицией посещения ЭП-13, выполненной КК «Атлантис» (STS-71) в период с 27.06.1995 г. по 07.07.1995 г., в ходе которой была осуществлена первая стыковка ОК «Мир» с МТКК «Спейс шаттл» [2]. Впервые на ОК «Мир» оказался экипаж в составе 10 человек. При выполнении ЭП-13 на ОК «Мир» побывали 5 американских астронавтов. КК «Атлантис» доставил на ОК «Мир» двух российских космонавтов (А. Соловьева

и Н. Бударина) для полета на «Мире» в качестве экипажа ЭО-19 и вернул на Землю с ОК «Мир» американского астронавта Н. Тагарда.

После окончания программы «Мир–Шаттл» выполнение программы «Мир–NASA» было организовано в ходе полетов КК «Атлантис» STS-74 (старт 12.11.1995 г., стыковка 20.11.1995 г.), STS-76 (старт 22.03.1996 г., стыковка 24.03.1996 г.), STS-79 (старт 16.09.1996 г., стыковка 19.09.1996 г.), STS-81 (старт 12.01.1997 г., стыковка 15.01.1996 г.), STS-84 (старт 15.03.1997 г., стыковка 17.03.1997 г.). При полете STS-74 на ОК «Мир» был доставлен стыковочный отсек 316ГК для модуля «Кристалл», разработанный в РКК «Энергия» и известный также под наименованием «стыковочный модуль DM (Docking Module)», и две установленные на нем солнечные батареи. Одна из батарей являлась точной копией солнечных батарей «Кристалла», вторая, так называемая «кооперативная», имела в своем составе российскую механическую часть и американские фотоэлектрические преобразователи. Продолжением программы «Мир–Шаттл» стала программа «Мир–NASA» (фаза 1Б).

По этой программе совершено шесть полетов корабля «Атлантис» и по одному полету кораблей «Индевор» и «Дискавери» к станции «Мир». В первом из них на станцию был доставлен созданный в России стыковочный отсек, обеспечивающий стыковку американских кораблей с российской станцией без изменения ее конфигурации. С 24 марта 1996 г. по 8 июня 1998 г. на станции «Мир», сменяя друг друга, постоянно находились американские астронавты. Их доставка на станцию и возвращение на Землю обеспечивались кораблями «Спейс–Шаттл».

Всего в ходе фазы 1 (по программам «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA») на американских кораблях совершили полеты 9 российских космонавтов: Сергей Крикалев, Владимир Титов (дважды), Анатолий Соловьев, Николай Бударин, Владимир Дежуров, Геннадий Стрекалов, Елена Кондакова, Салижан Шарипов и Валерий Рюмин. На станции «Мир» побывало 44 американских астронавта, в том числе трижды — Чарлз Прекорт, дважды — Терренс Уилкэтт и Уэнди Лоуренс.

Длительные (многომесячные) полеты в составе экипажей основных экспедиций совершили 7 американских астронавтов: Норман Тагард, Шеннон Лусид, Джон Блаха, Джерри Линенджер, Майкл Фоул, Дэвид Вулф и Эндрю Томас. Их суммарное время пребывания на российской станции (от стыковки до расстыковки) — 942 сут 06 час 15 мин.

Таким образом, станция «Мир» стала основным испытательным полигоном для проверки технических решений и технологий при создании элементов МКС, отработки организации и взаимодействия средств и служб управления разных стран, апробирования методик медико-биологического обеспечения длительных полетов международных экипажей.

ТПК «Союз ТМ-26» (старт 05.08.1997 г., стыковка 07.08.1997 г.) доставил на борт ОК «Мир» основную экспедицию ЭО-24, во время которой должен был закончиться последний на «Мире» длительный полет американских астронавтов по программе «Мир-NASA». Однако на 6-й сессии Межправительственной комиссии по космосу (29–30 января 1996 г.) было принято решение провести дополнительные полеты МТКК «Спейс шаттл» и продлить полеты американских астронавтов на ОК «Мир» [1]. Продолжили выполнение программы «Мир-NASA» полеты МТКК «Атлантис» (STS-86, старт 25.09.1996 г., стыковка 27.09.1996 г.) и МТКК «Индевор» (STS-89, старт 23.01.1998 г., стыковка 29.01.1998 г.).

Кроме астронавтов США для выполнения экспедиций посещения ЭП-21 и ЭП-22, при выполнении полетов STS-86 и STS-89 на ОК «Мир» были доставлены астронавты для участия в последних основных экспедициях ЭО-24 и ЭО-25 (Д. Вулф и Т. Эндрю соответственно).

Пребывание астронавтов США на ОК «Мир» в рамках последней экспедиции ЭП-24 завершил полет КК «Дискавери» (STS-91, старт 02.06.1998 г., стыковка 04.06.1998 г.). На «Дискавери» на Землю 12.06.1998 г. после окончания основной экспедиции ЭО-25 возвратился Т. Эндрю, при этом на Землю вернули 2 т грузов, в том числе 1 т — научной аппаратуры и результатов КЭ США.

С полета STS-84 в экипажи МТКК «Спейс шаттл» при выполнении программы «Мир-NASA» постоянно входили российские космонавты. Это решение было принято на внеочередном заседании российско-американской комиссии по сотрудничеству в космосе 08.07.1996 г. в Москве [1].

Всего за 9 полетов МТКК «Спейс шаттл» доставили на ОК «Мир» 14 т и вернули на Землю 3 т российских грузов [1]. При выполнении этих 9 полетов, начатых полетом STS-71 и завершенных полетом STS-91, на ОК «Мир» в составе экспедиций посещения (ЭП-13, ЭП-14, ЭП-15, ЭП-17, ЭП-18, ЭП-20, ЭП-21, ЭП-22, ЭП-24) и для работы в составе основных экспедиций (ЭО-21, ЭО-22, ЭО-23, ЭО-24, ЭО-25) было доставлено 49 астронавтов США, в том числе Ч. Прекорт — трижды, а Т. Уилкэтт, У. Лоуренс и Б. Данбар — по два раза [10].

В составе основных экспедиций ЭО-18, ЭО-21, ЭО-22, ЭО-23, ЭО-24, ЭО-25 при выполнении программ «Мир-Шаттл» и «Мир-NASA» на ОК «Мир» работали 7 астронавтов США, в том числе 2 астронавта — в продолжение двух экспедиций: Л. Шеннон (ЭО-21, ЭО-22) и Д. Линенджер (ЭО-22, ЭО-23). Т. Эндрю работал также в составе двух основных экспедиций: частично в составе ЭО-24 (после смены Д. Вулфа) и полностью в составе ЭО-25 [10]. Общее время пребывания американских астронавтов на ОК «Мир» в составе указанных основных экспедиций составило 942 сут 6 час 12 мин [10]. (Продолжительность

пребывания на ОК «Мир» принята от момента стыковки транспортного корабля прибытия до момента расстыковки транспортного корабля спуска.)

В составе экипажа STS-91 должны были совершить полет на ОК «Мир» два содиректора программы «Мир–NASA»: Валерий Рюмин и Фрэнк Калбертсон, однако полет удалось выполнить только В. Рюмину (в ту пору уже заместителю генерального директора РКК «Энергия»), который провел инспекцию станции и сделал вывод о том, что ОК «Мир» находится в хорошем состоянии и не имеет существенных недостатков [1].

В ходе выполнения программ «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA» было реализовано около 100 научных проектов, которые проводили около 150 ведущих научно-исследовательских центров планеты по следующим основным научным направлениям [9]:

- передовые технологии, получение новых материалов;
- науки о Земле, географические и астрофизические исследования;
- фундаментальная биология;
- космическая медицина;
- инженерные исследования, связанные со снижением риска принятия ошибочных решений для МКС;
- изучение влияния микрогравитации на исследовательские процессы;
- развитие наук о космическом пространстве.

Всего по программе «Мир–NASA» было выполнено 5400 сеансов космических экспериментов, на борту комплекса было размещено около 4,7 т американской аппаратуры [5].

Выполнение программы «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA» оказало существенное влияние на создание всего ОК «Мир» [6].

При запуске базового блока в феврале 1986 г. назывался срок окончательной сборки ОК «Мир» в 3 года. Однако уже первый модуль «Квант» вместо ноября 1986 г. был запущен на орбиту лишь 31 марта 1987 г. Далее отставание с запусками следующих модулей нарастало, и лишь в 1989–1990 гг. удалось включить в состав ОК «Мир» модули «Квант-2» и «Кристалл».

Положение с модулями «Спектр» и «Природа» дополнительно осложнялось отставанием изготовления научной аппаратуры из-за ежегодного сокращения финансирования, а с 1991 г. из-за распада СССР часть приборов, которые должны были создаваться в бывших союзных республиках, изготовить вообще оказалось невозможно.

В январе 1992 г. было принято решение об отмене запусков модулей «Спектр» и «Природа». В конце 1992 г. в связи с некоторой стабилизацией финансового положения отечественной космонавтики вновь

возникли планы запуска этих модулей и завершения сборки ОК «Мир» до конца 1995 г.

Уверенность в том, что эти модули удастся запустить и включить в состав ОК «Мир» появилась только после «Совместного заявления о развитии и сотрудничестве в области космоса» от 2 сентября 1993 г. совместной российско-американской комиссии по энергетике и космосу, упомянутой выше.

В рамках программ «Мир–Шаттл», «Мир–NASA» на модуле «Спектр» намечалось размещение американской аппаратуры для наблюдения Земли, решение задач экологии и медико-биологических проблем, отработка технологии получения материалов в условиях микрогравитации [6].

Модуль «Спектр» первоначально был разработан в интересах Министерства обороны СССР в рамках выполнения программы защиты от межконтинентальных баллистических ракет [7]. Главной полезной нагрузкой модуля должен был стать оптический телескоп «Пион» и две пусковые установки для запусков искусственных мишеней. Предусматривалось также оснащение модуля ракетами перехвата типа «Октава».

После проведения автономных испытаний в космосе модуль «Спектр» планировалось пристыковать к ОК «Мир» для проведения комплексных испытаний. В связи с распадом СССР в 1991 г. эта программа в 1992 г. была остановлена, а модуль законсервирован.

В рамках выполнения программ «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA» американская сторона оплатила переоборудование модуля «Спектр» для использования в гражданских целях. В ответ российская сторона обязалась установить на модуле оборудование для экспериментов США по изучению атмосферы, проведению геофизических исследований, поиску полезных ископаемых, биологическим исследованиям, материаловедению. Модуль «Спектр» служил также в качестве рабочего и жилого места американских астронавтов.

«Спектр» стал первым модулем, запущенным после развала СССР и пятилетнего перерыва в постройке станции. Вместе с модулем на орбиту было доставлено 754,5 кг американского научного оборудования.

Важной для ОК «Мир» оказалась и финансовая сторона проекта, в соответствии с которой ежегодные вклады американской стороны в бюджет РКА должны были составлять порядка 100 млн долл., что практически равнялось в то время годовому бюджету РКА, который составлял 120 млрд руб. [8]. Общий взнос NASA в течение 4 лет выполнения программы составил ~ 470 млн долл. США, что способствовало сохранению ОК «Мир» и продолжению выполнения программы исследований и экспериментов [9]. Выполнением программы «Мир–NASA» завершился 1-й этап проекта по созданию МКС.

Таблица 10.2

Хронология полетов по программам «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA»

№	Экспедиция	Экипаж	Продолжительность полета	Примечание
1	«Дискавери» STS-60 (США)	Чарльз БОЛДЕН Кеннет РАЙТЛЕР Франклин ЧАНГ-ДИАС Джен ДЕЙВИС Роналд СЕГА Сергей Константинович КРИКАЛЁВ (Россия)	03.02.1994–11.02.1994 8 сут 07 ч 09 мин	Полет по программе «Мир–Шаттл». Автономный полет КК США с участием космонавта России. Совместных операций с ОС «Мир» не предусматривалось
2	«Дискавери» STS-63 (США)	Джеймс УЭЗЕРБИ Айлин КОЛЛИНЗ Бернард ХАРРИС Майкл ФУЛЛ Дженис ВОСС Владимир Георгиевич ТИТОВ (Россия)	03.02.1995–11.02.1995 8 сут 06 ч 28 мин	Полет по программе «Мир–Шаттл». Облет ОС «Мир» и сближение до 11 м (стыковка не предусматривалась)
3	«Союз ТМ-21»	Владимир Николаевич ДЕЖУРОВ Геннадий Михайлович СТРЕКАЛОВ (оба – Россия) Норман ТАГАРД (США)	14.03.1995–07.07.1995 115 сут 08 ч 43 мин, в т. ч. на ОС «Мир» — 110 сут 03 ч 24 мин	ЭО-18 и по программе «Мир–Шаттл»; возвращение на КК «Атлантис» STS-71 (США)
4	«Атлантис» STS-71 (США)	Роберт ГИБСОН Чарльз ПРЕКОРТ Эллен БЕЙКЕР Грегори ХАРБО Бонни ДАНБАР Анатолий Яковлевич СОЛОВЬЁВ Николай Михайлович БУДАРИН (оба – Россия)	27.06.1995–07.07.1995 9 сут 19 ч 22 мин. В составе «Мир»–«Атлантис» 4 сут 21 ч 55 мин. 27.06.1995–11.09.1995 75 сут 11 ч 20 мин	ЭП по программе «Мир–Шаттл»; стыковка с комплексом «Мир» 29.06.1995; доставлен груз — 787 кг, возвращен груз — 447 кг ЭО-19; возвращение на КК «Союз ТМ-21»
5	«Атлантис» STS-74 (США)	Кеннет КАМЕРОН Джеймс ХАЛСЕЛЛ Джерри РОСС Уильям МАКАРТУР Крис ХЭДФИЛД (Канада)	12.11.1995–20.11.1995 8 сут 04 ч 31 мин. В составе «Мир»–«Атлантис» 3 сут 01 ч 48 мин	ЭП по программе «Мир–NASA»; доставлен груз — 4958 кг (в т. ч. стыковочный отсек и 2 солнечные батареи), возвращен груз — 352,8 кг

Продолжение таблицы 10.2

Хронология полетов по программам «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA»

№	Экспедиция	Экипаж	Продолжительность полета	Примечание
6	«Атлантис» STS-76 (США)	Кевин ЧИЛТОН Ричард СИРФОСС Роналд СЕГА Майкл КЛИФФОРД Линда ГОДВИН Шеннон ЛУСИД	22.03.1996–31.03.1996 9 сут 05 ч 17 мин. В составе «Мир»–«Атлантис» 4 сут 22 ч 34 мин	ЭП по программе «Мир–NASA»; доставлен груз — 2077,6 кг, возвращен груз — 469,4 кг
			22.03.1996–26.09.1996 188 сут 04 ч 00 мин, в т. ч. на ОС «Мир» — 183 сут 23 ч 00 мин	ЭО по программе «Мир–NASA»; возвращение на КК «Атлантис» STS-79
7	«Атлантис» STS-79 (США)	Уильям РЕДДИ Терренс УИЛКАТТ Джером ЭПТ Томас ЭЙКЕРС Карл УОЛЗ Джон БЛАХА	16.09.1996–26.09.1996 10 сут 03 ч 18 мин В составе комплекса «Мир»–«Атлантис» 4 сут 22 ч 29 мин	ЭП по программе «Мир–NASA»; доставлен груз — 12456,7 кг, возвращен груз — 1090,4 кг ЭО по программе «Мир–NASA»; возвращение на КК «Атлантис» STS-81
			16.09.1996–22.01.1997 128 сут 05 ч 28 мин, в т. ч. на ОС «Мир» — 122 сут 23 ч 01 мин	ЭО по программе «Мир–NASA»; возвращение на КК «Атлантис» STS-81
8	«Атлантис» STS-81 (США)	Майкл БЕЙКЕР Брент ДЖЕТТ Питер УАЙСОФФ Джон ГРАНСФЕЛД Марша АЙВЕНС Джерри ЛИНЕНДЖЕР	12.01.1997–22.01.1997 10 сут 04 ч 55 мин В составе комплекса «Мир»–«Атлантис» 4 сут 22 ч 20 мин	ЭП по программе «Мир–NASA»; доставлен груз — 2420,2 кг, возвращен груз — 1085,8 кг
			12.01.1997–24.05.1997 132 сут 04 ч 00 мин, в т. ч. на ОС «Мир» — 126 сут 21 ч 09 мин	ЭО по программе «Мир–NASA»; возвращение на КК «Атлантис» STS-84
9	«Атлантис» STS-84 (США)	Чарлз ПРЕКОРТ Айлин КОЛЛИНЗ Жан-Франсуа КЛЕРВУА (ЕКА, Франция) Карлос НОРЬЕГА Эдвард ЛУ Елена Владимировна КОНДАКОВА (Россия) Майкл ФОУЛ	15.05.1997–24.05.1997 9 сут 05 ч 20 мин. В составе комплекса «Мир»–«Атлантис» 4 сут 22 ч 31 мин	ЭП по программе «Мир–NASA»; доставлен груз — 2245 кг, возвращен груз — 1158,7 кг
			15.05.1997–07.10.1997 144 сут 13 ч 47 мин, в т. ч. на ОС «Мир» — 139 сут 14 ч 55 мин	ЭО по программе «Мир–NASA»; возвращение на КК «Атлантис» STS-86

Окончание таблицы 10.2

Хронология полетов по программам «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA»

№	Экспедиция	Экипаж	Продолжительность полета	Примечание
10	«Атлантис» STS-86 (США)	Джеймс УЭЗЕРБИ Майкл БЛУМФИЛД Владимир Георгиевич ТИТОВ (Россия) Скотт ПАРАЗИНСКИ Жан-Лу КРЕТЬЕН (Франция) Уэнди ЛОУРЕНС	26.09.1997–07.10.1997 10 сут 19 ч 21 мин. В составе комплекса «Мир»–«Атлантис» 5 сут 21 ч 31 мин	ЭП по программе «Мир–NASA»; доставлен груз — 3480,4 кг, возвращен груз — 1137,1 кг
		Дэвид ВУЛФ	26.09.1997–01.02.1998 127 сут 20 ч 01 мин, в т. ч. на ОС «Мир» — 123 сут 20 ч 59 мин	ЭО по программе «Мир–NASA»; возвращение на КК «Индевор» STS-89
11	«Индевор» STS-89 (США)	Терренс УИЛКАТТ Джо ЭДВАРДС Джеймс РАЙЛИ Майкл АНДЕРСОН Бонни ДАНБАР Салижан Шакирович ШАРИПОВ (Россия)	23.01.1998–01.02.1998 8 сут 19 ч 47 мин. В составе комплекса «Мир»–«Индевор» 4 сут 20 ч 42 мин	ЭП по программе «Мир–NASA»; доставлен груз — 3629 кг, возвращен груз — 1105,6 кг
		Эндрю ТОМАС	23.01.1998–12.06.1998 140 сут 15 ч 12 мин, в т. ч. на ОС «Мир» — 134 сут 19 ч 47 мин	ЭО по программе «Мир–NASA»; возвращение на КК «Дискавери» STS-91
12	«Дискавери» STS-91 (США)	Чарлз ПРЕКОРТ Доминик ГОРИ Франклин ЧАНГ-ДИАС Уэнди ЛОУРЕНС Джанет КАВАНДИ Валерий Викторович РЮМИН (Россия)	03.06.1998–12.06.1998 9 сут 19 ч 54 мин. В составе комплекса «Мир»–«Дискавери» 3 сут 23 ч 03 мин	ЭП по программе «Мир–NASA»; доставлен груз — 1646,9 кг, возвращен груз — 1082,3 кг

Литература

1. Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди. — М., 2005 г.
2. Россия–США. Полеты российско-американских экипажей. Орбитальный комплекс «Мир». Проспект ЦУП ФГУП ЦНИИмаш, 1995 г.

3. History of Shuttle–Mir. Home Page. <http://spaceflight.nasa.gov/history/shuttle-mir/>
4. Мир–Шаттл. Mission STS-63. Пресс-бюллетень. ЦУП ФГУП ЦНИИмаш, 1995 г.
5. Семенов Ю.П. Орбитальный пилотируемый комплекс «Мир» — основные итоги программы // Земля и Вселенная, № 5, 2001 г.
6. Лантратов К. Модуль «Природа». (По материалам ГКНПЦ им. М. В. Хруничева, РКК «Энергия» им. С. П. Королева, ЦУП, Института радиоэлектроники РАН) // Новости космонавтики, № 9, 1996 г.
7. Спектр (модуль орбитальной станции «Мир»). Материал из Википедии.
8. Лантратов К. Россия–США. В космос вместе. Программа «Мир–NASA» // Новости космонавтики, № 23, 1993 г.
9. Городничев Ю.П., Григорьев И.М., Коптев Ю.Н., Лукашов С.Г., Рюмин В.В., Самитов Р.М., Соловьев В.А., Сусленников В.В. Комплекс работ, выполненных на орбитальной станции «Мир» по российско-американским программам «Мир–Шаттл» и «Мир–NASA». Сообщение на Ученом совете ИКИ РАН, 1998 г.
10. Состав экипажей и продолжительность основных экспедиций и экспедиций посещения на ОК «Мир». Информация портала ЦУП ФГУП ЦНИИмаш.

Глава 11

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С УЧАСТИЕМ КОСМОНАВТОВ

Принципиальным отличием пилотируемого полета является то, что он может осуществляться по переменной программе, тогда как аппарат делает в лучшем случае то, что в нем запрограммировано человеком. Последний же, помимо приборов, обладает органами чувств, интеллектом и может, комбинируя имеющиеся результаты, ставить новые задачи по ходу выполнения намеченной программы, чего автоматы пока еще выполнять не способны.

Исследование космоса с помощью автоматических космических аппаратов (АКА) имеет ряд преимуществ по сравнению с пилотируемыми средствами, и главное из них — отсутствие риска для людей. Учеными и специалистами отмечается, что современные информационные технологии позволяют сделать автоматы легкими и компактными, причем в большинстве исследований нет необходимости в возвращении автоматических средств, что существенно уменьшает затраты. К тому же космонавты вынуждены тратить большую часть времени на служебные операции и медико-профилактические мероприятия, что существенно ограничивает время на проведение научно-исследовательской работы с участием экипажа.

Однако полностью автономные роботы с искусственным интеллектом в обозримом будущем смогут выполнять только жестко заданную программу исследований или их ограниченный набор. Иными словами, если по ходу научной программы будут обнаружены какие-то новые данные (а такое случается довольно часто), то робот не сможет провести дополнительную серию экспериментов. Автоматы практически неэффективны при встрече с неожиданным явлением. Роботы, управляемые с Земли, ограниченно функциональны.

Другой важный фактор целесообразности использования человека в космическом полете — это наличие интуиции. Опытный специалист сразу будет видеть, какие направления исследований необходимо продолжать, а какие — исключать, причем происходить это будет в режиме «реального времени».

Космические эксперименты по проверке фундаментальных физических теорий предполагают отправку достаточно сложных приборов

на большие расстояния. Эксплуатация сложных научных приборов на ПКК «Мир» и МКС показала, что человек способен обеспечить их длительное и эффективное функционирование. Кроме того, присутствие человека позволяет существенно упростить конструкцию приборов, а также провести эксперименты, включающие работу с приборами.

Пилотируемые космические комплексы представляют собой уникальную возможность для изучения галактических и солнечных космических лучей (ГКЛ и СКЛ) в обеспечение решения прикладных задач по радиационной безопасности экипажа и элементов космической техники, а также решения многих научных задач.

Люди являются творческим и нестандартным «элементом» любой космической программы. Космонавты должны работать там, где требуются быстрые и уникальные решения и подходы.

Опыт эксплуатации МКС будет востребованным в процессе экспериментальной отработки исследовательской аппаратуры для перспективных космических средств, в частности орбитальной станции нового поколения, как в свое время опыт отработок на «Салютах» и ПКК «Мир» оказался востребованным для РС МКС.

Использование опыта эксплуатации и экспериментальной отработки на борту МКС аппаратурных комплексов для исследования Земли, планет и малых тел Солнечной системы, космических лучей и др. даст возможность применять эти средства и методы для дальнейшего исследования космического пространства перспективными КА на качественно ином уровне.

Неоспоримый лидер в развитии космонавтики — пилотируемые программы. Несмотря на то, что в настоящее время многие зарубежные государства либо имеют собственные программы пилотируемой космической деятельности, либо стремятся принять участие в их осуществлении в ближайшее время, Россия имеет огромный научно-технический багаж, которым не располагает ни одна страна мира.

Начальный этап характеризуется функционированием на орбите орбитальных пилотируемых станций (ОПС) типа «Салют». В период с 1971 по 1986 гг. в нашей стране было выведено на орбиту семь ОПС «Салют».

В программах этого времени приоритет был отдан техническим критериям, по сравнению с показателями целевого использования станций: шла опережающая отработка технических решений, были созданы технологии обеспечения жизнедеятельности космонавтов на орбите в течение длительного периода времени (до 237 суток), разработана эффективная система доставки на борт станций расходных материалов и научной аппаратуры с использованием транспортных и грузовых кораблей типа «Союз Т» и «Прогресс».

Вместе с тем постепенно наращивались ресурсы и возможности станций по реализации научных и прикладных программ исследований. Были получены данные о космических излучениях, солнечных вспышках, составе и характеристиках верхних слоев атмосферы, большой объем исследований был проведен в области медицины и биологии.

При разработке станции «Мир» был использован предшествующий 15-летний опыт создания и эксплуатации станций типа «Салют».

Для обеспечения высокого уровня надежности работы бортовых систем базового блока и орбитальных модулей станции «Мир» были предусмотрены и впоследствии реализовывались мероприятия по профилактическому техническому обслуживанию, ремонту и замене экипажем отработавших свой ресурс или преждевременно отказавших подсистем, как правило, не требующих при их проведении специальных регулировок и сложных настроек.

По мере эксплуатации в состав станции были последовательно введены астрофизический модуль «Квант» (12.04.1987 г.), модуль дооснащения «Квант-2» (08.12.1989 г.), стыковочно-технологический модуль «Кристалл» (11.06.1990 г.), что существенно расширило возможности комплекса по выполнению запланированной программы исследований.

С 1992 г. по 1996 г. произошло окончательное завершение сборки ПКК «Мир» последовательным введением в ее состав исследовательского модуля «Спектр» (03.06.1995 г.) и модуля «Природа» (27.04.1996 г.), что еще больше расширило спектр проводимых на борту орбитального комплекса целевых исследований, в том числе — с использованием аппаратуры и оборудования зарубежных разработок.

Разработка и реализация программы полета ПКК «Мир», в отличие от предыдущих этапов, велась уже с учетом приоритета критериев целевых исследований. Станция разрабатывалась как космическая лаборатория для проверки фундаментальных положений науки, экспериментальной отработки основных направлений целевого использования будущей космической техники. Был сформирован состав направлений, по которым проводились научные исследования: космическая технология и биотехнология, геофизика, медицина и биология, исследование природных ресурсов Земли и экологический мониторинг, астрофизические исследования, технические исследования и эксперименты. Длительный срок активного существования, модульный принцип построения, большая масса научной аппаратуры и оборудования, наличие экипажа на борту и эффективная транспортная система открыли возможности для пролонгации ПКК «Мир» на 1997–1999 гг., т. е. до практически полной выработки его ресурса.

В соответствии с этим КНТС Росавиакосмоса провел большую работу по разработке и проведению мероприятий, обеспечивающих максимальную целевую эффективность ПКК «Мир». С целью создания

эффективной программы научных исследований, результаты которых способствовали бы успешному решению на Земле научных и хозяйственных задач, были проанализированы ключевые проблемы, связанные с его созданием, принципы формирования, определены целевая направленность и ряд влияющих на нее факторов. Вопросы перспективы выполнения программы научных исследований и экспериментов с учетом продления эксплуатации ПКК «Мир» и неотложные научно-технические мероприятия, способствующие повышению научной значимости и актуальности исследований по программе экспериментов, были обсуждены на заседаниях КНТС Росавиакосмоса. В обеспечение принятых решений на основе нового методологического подхода к научно-техническому и методическому сопровождению и организации работ широкой кооперации соисполнителей, который позволил объективно оценить и выбрать заявки на предлагаемые исследования, были подготовлены предложения по корректировке программы исследований и экспериментов на ПКК «Мир» до 2000 г., проведен анализ их технической реализуемости и сформирована «Программа научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на орбитальном комплексе «Мир» в период 1997–1999 гг.».

Во всех областях исследований, проведенных на станции, были получены оригинальные результаты.

В области космической технологии отработаны базовые технологические процессы выращивания полупроводниковых кристаллов; разработана, изготовлена и введена в опытную эксплуатацию на ПКК «Мир» установка молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) «Малахит» для развития новых направлений в области высоких технологий; создана принципиальная возможность разработки нового класса приборов и усовершенствования уже известных; полученные результаты интенсифицировали и инициировали фундаментальные исследования.

Области внедрения:

- результаты технологических экспериментов положены в основу создания электропечи «Кратер-ВМ»;
- применение пластин из кристаллов теллурида и селенида кадмия в детекторах ионизирующего излучения;
- использование монокристаллов оксида цинка в УФ-осветителях для субмикронной фотолитографии;
- применение монокристаллов арсенида галлия для создания СВЧ-приборов и в оптоэлектронике;
- применение в промышленности новых методов выращивания монокристаллов в магнитных полях и полях ультразвука.

В области геофизики осуществлялись исследования и радиационный мониторинг с участием более 10 организаций, исследовано

распределение заряженных частиц в квазизахваченном поясе радиации. Разработаны и предложены к реализации методы прогноза землетрясений и других природных катастроф на основе изучения тонких геофизических эффектов. Разработана система радиационного контроля РС МКС. Внедрены нормативные документы по направлению «Физические условия космического пространства».

В области исследований по медицине и биологии совершенствовались медицинские аспекты безопасности и обеспечения высокой работоспособности экипажей в длительных полетах. Результаты медико-биологических исследований внедрены в народное хозяйство и здравоохранение, в частности в области клинико-физиологических исследований, экстремальной медицины, экологии, обеспечения санитарно-гигиенического контроля и радиационной безопасности, а также программного обеспечения планирования, сбора, хранения и анализа медицинской информации; внесен значительный вклад в фундаментальную науку.

В ходе эксплуатации ПКК «Мир» была отработана технология медико-биологического обеспечения длительных полетов человека в космосе и установлены абсолютные мировые рекорды продолжительности непрерывного пребывания человека в условиях космического полета — 438 сут. Апробирована практика передачи смены от одного экипажа другому в ходе полета.

В части исследования природных ресурсов Земли и экологии построены климатологические карты облачности; получено решение географических задач изучения Мирового океана; получены космические данные по разливу крупных рек и затоплению пойм; выявлены горные породы, тектонические структуры, тепловые неоднородности, связанные с вулканической деятельностью; получен ряд данных по состоянию орошаемых и староорошаемых земель; получено решение задач геоботанического картографирования в целях изучения растительности; выявлены очаги и характер нарушений природной среды; обновлены тематических карты; отработана технология проведения оперативных фотосъемок, в том числе в режиме гравитационной ориентации; проработана методика способа поисков перспективных площадей для обнаружения полезных ископаемых путем дистанционного анализа биохимических аномалий; получены снимки для прогнозирования хода таяния горных снегов и ледников; разработана методика определения биопродуктивности планктона в Черном, Японском и Каспийском морях; выполнены съемки загрязнений и выносов Японского, Черного и Каспийского морей с определением типов загрязнений — судами и бытовыми отбросами городов; с помощью созданного методического задела по выявлению и дешифрированию отдельных природных

объектов получена конкретная информация для использования в других отраслях народного хозяйства.

В области биотехнологии добились следующих результатов: выделены фракции белка интерферона альфа-2 без микропримесей, свободные от неактивных форм, оказывающих негативное воздействие на иммунную систему человеческого организма. При очистке двух партий гемагглютинина вируса гриппа достигнуто впервые в мире пяти- и двадцатикратное снижение содержания примесного белка-аллергена (овальбумина); получены исследовательские партии очищенных белков крови, сыворотки против респираторных заболеваний и генно-инженерного интерферона; достигнута производительность очистки препаратов, примерно в 300 раз превышающая наземную. Проведена отработка методик исследований с биообъектами, осуществлен скрининг перспективных биообъектов для космических станций.

Из препаратов гемагглютинина вируса гриппа и белка овальбумина были изготовлены высококачественные диагностические антисыворотки. В течение двух лет эти антисыворотки использовались в качестве эталонов в фармакологической промышленности при выпуске заводских противогриппозных вакцин.

В области технических исследований и экспериментов получены результаты по следующим направлениям:

- отработка и использование крупногабаритных конструкций: данные обработки позволят создать концентраторы солнечной энергии, антенны различных типов, ферменные конструкции для размещения на них оборудования, полей солнечных орбитальных электростанций и т. п., на основе крупногабаритных конструкций возможно создание больших орбитальных комплексов, результаты работ могут использоваться в отраслях народного хозяйства: герметичные и прочные соединения трубопроводов и буров для нефтегазовой промышленности, термомеханические соединения в строительных конструкциях, привода механизмов, а также в медицине: ортодонтические аппараты, скобки для сшивания сосудов, силовые элементы для ортопедии;
- получение ряда данных по материалам и конструкциям: подтверждена высокая стойкость большинства терморегулирующих покрытий класса «солнечные отражатели»; проведены эксперименты с целью изучения воздействия факторов космического пространства на штатные и перспективные материалы, которые позволили продлить гарантию на эксплуатацию станции с первоначальных трех лет;
- отработка и внедрение средств обслуживания и ремонта: важным техническим экспериментом стали испытания находящегося на ПКК индивидуального средства передвижения космонавта

в открытом космосе, успешно проведенные в 1990 г.; накоплен большой опыт работы по внекорабельной деятельности — только за 1992–1997 гг. было выполнено около 40 выходов космонавтов на наружную поверхность станции, в процессе которых как планомерно заменялись научные приборы и экспериментальное оборудование, в том числе монтаж и апробирование крупногабаритной конструкции многократно складываемой металлической фермы (эксперимент «Ферма-3»), так и устранялись имевшие место нештатные ситуации; проведены летные испытания индивидуального средства передвижения космонавта, произведен монтаж манипулятора с ручным приводом, получившего название «грузовой стрелы», были разработаны оригинальные подходы эргономического проектирования деятельности и предметной среды, с которой взаимодействует космонавт при ВКД; опыт, полученный при ремонтных работах, может быть использован при обслуживании коммуникационных и технологических комплексов народнохозяйственного значения, при удалении с орбит отработавших объектов, утилизации осколков разрушившихся аппаратов;

- отработка средств интерактивного управления поворотными платформами с Земли из ЦУПа и с выносных пультов из других стран;
- уточнение эксплуатационных условий станции в части уровней микрогравитации, внешней атмосферы, микрометеоритной опасности, радиационных условий: полученные данные о микровозмущениях на станции и их связи с работой штатных бортовых систем и агрегатов позволили сформулировать технические требования к устройствам активного демпфирования и к аппаратуре вибродиагностического контроля;
- отработка методов развертывания антенн диаметром до 20 м.

В области космических энергосистем и двигательных установок были получены фундаментальные данные по динамике процессов и предельным режимам горения различных типов конструкционных материалов (горящие в газовой фазе, при плавлении, с образованием коксового остатка и тлеющие) в условиях микрогравитации, эти данные легли в основу создания принципиально новой системы обеспечения пожаробезопасности в гермоотсеках космических станций с использованием регулирования интенсивности вентиляционных потоков и без применения огнетушащих веществ. Получены новые данные о физических процессах, временах установления равновесных состояний и структурных форм двухфазной среды в баковых устройствах при различных уровнях перегрузок, включая условия микрогравитации, эти данные позволили разработать рекомендации по применению капиллярных заборных устройств, обеспечивающих безотказную и многоразовую

подачу компонентов топлива в двигательную установку в условиях орбитального полета.

На основе экспериментов в наземных вакуумных камерах и при космических полетах получены новые данные по загрязняющим воздействиям натуральных ЖРДМТ, используемых на ПКК «Мир» и МКС; эти данные легли в основу методов прогнозирования загрязняющих воздействий ЖРДМТ на элементы космических станций и ее собственную внешнюю атмосферу; разработаны и испытаны образцы перспективных многоцелевых ЖРДМТ и их узлов на топливе АТ + НДМГ, плазмохимических и электронагревных дуговых двигателей малой тяги; совместно с НПО «Луч» подготовлена конструкция и технология облеженных топливных баков.

Данные, полученные по эксперименту «Скорость», использованы при внедрении новой системы пожарной безопасности на модулях ФГБ и СМ МКС4.

Данные по эксперименту «Волна-2А» использованы при конструировании капиллярных заборных устройств спутника «Купон» и модернизируемого РБ ДМ.

Данные работ по загрязняющим воздействиям ЖРДМТ применены при конструировании специальных защитных устройств, которые будут монтироваться на соплах управляющих двигателей СМ МКС.

Разработан летный образец энергомодуля на базе солнечной газотурбинной установки для коррекции орбиты и управления ориентацией космических станций.

Подтверждена возможность создания системы пожаробезопасности космических станций на основе организации специальных вентиляционных режимов вблизи горючих материалов без использования огнетушащих средств.

На коммерческой основе техническими возможностями станции пользовались NASA, ЕКА, DARA, NASDA и другие космические агентства.

В области астрофизики:

- открыто 10 новых рентгеновских источников различной природы в области центра Галактики;
- проведены исследования широкого класса астрофизических объектов: получены широкополосные рентгеновские спектры; обнаружена жесткая компонента в спектрах некоторых рентгеновских новых; проведены исследования спектральной переменности в мягком и жестком диапазонах, построены кривые блеска и локализации на небесной сфере нескольких ярких транзитных рентгеновских источников; открыты, локализованы и исследуются рентгеновские транзиенты в созвездиях Лебедя, Скорпиона, барстеров центра Галактики; обнаружена яркая мягкая тепловая

компонента в спектрах источников с видимым сверхсветовым разлетом радиокомпонент, что позволяет выделить их в новую отдельную группу рентгеновских источников; проведены уникальные наблюдения эволюции Сверхновой 1987А в галактике Большое Магелланово Облако, построены рентгеновские изображения области центра нашей Галактики и Большого Магелланова Облака; проведены наблюдения и исследования яркого рентгеновского пульсара, измерен период рентгеновских пульсаций, зарегистрированы всплески рентгеновского излучения, построен спектр источника в диапазоне 2–150 кэВ;

- проведено фотографирование активных звезд и галактик с избыточным УФ-излучением для составления банка данных;
- проведен ряд исследований заряженных частиц и античастиц в радиационных поясах Земли с целью изучения связи параметров частиц с сейсмической активностью Земли, а также космических лучей;
- разработаны предложения по установке современного комплекса астрофизических приборов на МКС;
- проведен ряд работ, посвященных разделному изучению пространственных, энергетических и временных характеристик потоков высокоэнергичных электронов и позитронов в околоземном космическом пространстве, исследованию их вариаций, механизмов генерации, взаимосвязи с гелио- и геофизическими явлениями, процессами в межпланетном пространстве;
- получены важные для фундаментальной науки новые экспериментальные данные о физике космических лучей и принципиальных особенностях «ядерной» эволюции Вселенной;
- реализован в натуральных условиях телеоператорный режим управления научными приборами.

В ходе обобщения результатов исследований за десятилетний период эксплуатации ПКК «Мир» подтверждена высокая эффективность проводимых исследований и практическая значимость полученных результатов.

Достигнутый на рассматриваемом этапе технический уровень в области пилотируемых полетов обеспечил к настоящему времени пилотируемым космическим комплексам наибольшие возможности в осуществлении программ научных и прикладных исследований. Максимально полезный эффект при этом может достигаться при широком использовании технических поддерживающих средств: робототехнических устройств и манипуляторов, трехосных стабилизированных платформ, длинных выдвижных штанг, тросовых систем, малых субспутников, средств измерения микроускорений и устройств для их демпфирования, а также автономных обслуживаемых специализированных

модулей, ориентированных на совместное использование с инфраструктурой орбитального пилотируемого комплекса. Разработка и внедрение таких средств позволят существенно расширить объем выполняемых исследований без изменения конфигурации ПКК.

Программой пилотируемых полетов предусматривалась также широкая интеграция работ России с национальными космическими программами США, Западной Европы, Японии, Канады. В рамках этой программы велись исследования по программе «Евромир». В рамках контракта между Российским космическим агентством (РКА) и NASA на станции «Мир» проведен значительный объем работ по программам «Мир–Шаттл», «Мир–NASA» (1994–1997 гг.).

Одновременно с эксплуатацией ПКК «Мир» проводились работы по конкурсному отбору исследований на РС МКС и формированию программы НИИ по различным направлениям науки и техники, которые явились начальным витком в развитии очередного этапа пилотируемой программы — Международной космической станции (начиная с 1997 г.). Реализация такого подхода обеспечила проведение отечественной программы научных исследований без существенного перерыва перед практическим введением в эксплуатацию основных элементов РС МКС.

Анализ стратегии и состояния работ по программам международного сотрудничества показал необходимость и целесообразность координации и согласования отечественной программы исследований на ПКК с зарубежными программами.

В связи с этим первоочередное значение приобрели задачи формирования программы научно-прикладных исследований (НИИ) и экспериментов с учетом особенностей и возможностей Международной космической станции по основным традиционным направлениям и поиска новых областей использования орбитальных пилотируемых комплексов.

КНТС Роскосмоса был образован в 1994 г. совместным решением руководителя Российского космического агентства и президента Российской академии наук.

Под эгидой КНТС при головной роли ЦНИИмаш, участии ведущих организаций РАН и ОАО РКК «Энергия» им. С. П. Королева разработана на конкурсной основе и в настоящее время реализуется «Долгосрочная программа научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС», на основе долгосрочной программы НИИ на РС МКС в 1999 г. была разработана «Программа реализации научно-прикладных исследований, планируемых на российском сегменте МКС в период развертывания (1999–2003 гг.)». Работы по программе МКС ведутся по 12 направлениям исследований

и экспериментов с участием 12 головных и около 80 подведомственных им организаций РАН и других ведомств.

Аналитический обзор проведенных до 2014 г. исследований на РС МКС показал следующие результаты.

Геофизические исследования

В области природной и техногенной безопасности и экологии получены весомые результаты по отечественной программе, которые могут быть использованы во всех направлениях наук о Земле, изучающих сушу земного шара в пределах 54° северной и 54° южной широты.

В результате мониторинга селевой и ледниковой опасности выявлен целый ряд потенциально опасных мест.

В ходе мониторинга пожароопасной обстановки получены снимки территории Астраханской области, Сибири и Дальнего Востока (Хабаровский край); северо-западного побережья озера Байкал (р-н г. Северобайкальска) и склонов горных хребтов, обращенных к озеру с востока (южнее курорта Хакусы); Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волга, показавшие как очаги возгораний, так и размер нанесенного пожарами ущерб.

Оперативное взаимодействие постановщиков эксперимента «Ураган» с администрацией и МЧС Астраханской области позволило избежать экологического бедствия и ущерба флоре и фауне в районе дельты реки Волги и принять меры противодействия пожарам.

Информация с МКС оказалась более полезной, чем данные, получаемые с использованием автоматических КА.

В результате мониторинга лесов подтверждена высокая эффективность такого метода инвентаризации древесной растительности, обнаружения гарей и вырубок. По просьбе Всеукраинской экологической лиги фотографировались леса вдоль обоих берегов Днепра у г. Киева. Эти снимки переданы ученым Национальной академии наук Украины, которые планируют сформулировать программу мониторинга тестовых участков лесов с участием РС МКС.

Мониторинг районов, подвергающихся интенсивной хозяйственной деятельности, выявил следующее.

По мониторингу нефтедобывающих районов зафиксировано продолжение ухудшения экологической ситуации на Каспийском море и в Прикаспийском регионе, получены результаты постоянного слежения за более чем 900 законсервированными нефтяными скважинами в море у берегов северо-восточного Каспия, за возникновением здесь пятен нефтепродуктов и их перемещением: получены временные «срезы» разливов нефтепродуктов на акватории Каспийского моря, в азербайджанском секторе (район Баку–Нефтяные Камни), в низовьях Волги от г. Камышина до г. Астрахани, газопровода «Голубой поток»

и трех нефтяных трасс Каспийского трубопроводного консорциума в районе городов Новороссийска, Туапсе и пос. Озерковское возле Абрау-Дюрсо, в районе Астраханского биосферного заповедника; установлены особо загрязненные акватории и источники их загрязнения.

В результате мониторинга месторождения углеводородного сырья Аксай-Илек на границе России и Казахстана, где вдоль северного побережья реки Урал ведутся разработки по добыче газовых фракций, а южнее этой реки находятся нефтяные промыслы, с резким наращиванием буровых работ (интенсивность бурения соизмерима с известными мировыми месторождениями) и возведением нескольких новых компрессорных станций, отмечено, что в результате бесконтрольного перемещения тяжелой техники по степи наблюдается интенсивное разрушение почвенного покрова на всей территории месторождения.

В ходе мониторинга результатов антропогенного воздействия на экологию:

- выявлено опасное скопление отходов на южной окраине г. Астрахани в районе пос. Ильинка, что является потенциальным источником большого экологического бедствия;
- обнаружена интенсивная переработка берегов Краснодарского водохранилища и очень высокая степень его заиливания;
- замечены большие площади свежих вырубок лесов на территории Краснодарского края, в Республике Адыгея, Прибайкалье и Забайкалье, Читинской области, Хабаровском крае и на Дальнем Востоке, что может повысить в горах Северного Кавказа и так уже высокую степень селевой опасности;
- осуществляется мониторинг карьеров в целях планирования их рекультивации, районов местоположения атомных электростанций (Чернобыльской, Курской, Балаковской и др.), состояния Аральского озера, где в сентябре 2005 г. было завершено строительство дамбы, перекрывшей доступ воды из небольшой по площади ванны Малого Арала, питаемой рекой Сырдарьей, в Большой Арал (имеется большая вероятность сокращения площади озера и возможного исчезновения всей остальной акватории); процесса переноса мощных потоков минеральных солей с осушенного дна Аральского моря к территории Южного Урала и Поволжья (возможен рост многих болезней населения, прежде всего онкологических).

В результате мониторинга активного вулканизма:

- получены снимки, зафиксировавшие активное проявление эндогенных процессов вулкана на Алеутских островах с излиянием лавы и выбросом газов, пепла и твердых пород, происходивших 23–24 мая 2006 г.;

- начат мониторинг Таманского полуострова, где частое извержение грязевых вулканов создает опасность строящимся хранилищам газа и терминалам загрузки судов.

В ходе мониторинга загрязнения городских агломераций:

- проведена оценка загрязнений на качественном уровне, которая показала необходимость принятия решительных экологических мер в местах более 50 объектов загрязнения на территории России и Республики Казахстан;
- выполнена съемка многих сотен городов и небольших населенных пунктов в России в целях использования этой информации в ГИС-проектах оценки развития городских агломераций.

По результатам мониторинга «позитивной экологии»:

- отмечен район побережья Байкала, по которому пролегает трасса Кругобайкальской железной дороги (КГБЖД), как уникальный пример инженерного искусства и ландшафтного дизайна. По результатам квазисинхронного наземно-космического мониторинга рекомендовано развитие интенсивного рекреационного освоения трассы КГБЖД;
- показано очень быстрое рекреационное освоение Горного Алтая (на берегах реки Катунь, частично на берегу реки Бии и на западной оконечности Телецкого озера), где ведется интенсивное строительство без заметных нарушений природной среды;
- отмечена удовлетворительная работа экологической службы концерна «Лукойл», который является основным добывающим предприятием в районе дельты реки Волга и поймы реки вблизи г. Камышина: показано отсутствие источников нефтяных загрязнений;
- подтверждена эффективность выполнения проекта постройки дамбы между Таманью и островом Тузла. Сравнение снимков 2002 и 2004 гг. свидетельствует о том, что теперь воды черноморского течения не достигают берега Тамани, а направляются через пролив в Азовское море.

В части методического обеспечения на основе накопленного опыта работ по мониторингованию среды предложен новый методический подход к созданию структуры архива полученных снимков состояния природной и техногенной среды для эффективного выполнения первого этапа аналитической работы. В области физики атмосферы:

- пополнен банк данных уникальной информацией о глобальном пространственно-протяженном свечении атмосферы в УФ-диапазоне спектра, вызванном высокоскоростным взаимодействием атмосферного кислорода с продуктами выхлопа. Предварительный анализ показал, что это взаимодействие может оказать

существенное влияние на формирование собственной внешней атмосферы (СВА) пилотируемой станции и антропогенное влияние — на верхнюю атмосферу Земли;

- получены новые данные по эффектам воздействия на ионосферу мощных пучков радиоволн от радиоизлучения нагревных стенов (радиопередатчиков);
- подготовлены данные о глобальной грозовой активности, которые будут использованы при проведении исследований в этой области, на основе ретроспективного анализа всей совокупности геофизических данных, а также для планирования других геофизических экспериментов.

В области экологического мониторинга в рамках экспериментальных исследований по оценке возможности использования МКС для экологического обследования опасных природных явлений и районов техногенной деятельности продемонстрирована возможность оперативного документированного получения информации, имеющей важное государственное значение, для решения следующих задач:

- мониторинга чрезвычайных ситуаций, опасных геофизических процессов и природных катастроф;
- оценки и прогнозирования опасных геодинамических и почвенных процессов;
- мониторинга загрязнения водных объектов;
- мониторинга особо охраняемых природных территорий.

Медико-биологические исследования и эксперименты

В обеспечение разработки профилактических мероприятий и в целях подготовки к предстоящим длительным космическим полетам и безопасному возвращению космонавтов в условия земной гравитации получены данные по перестройке гормональных и метаболических систем организма человека в условиях микрогравитации в части динамики изменений щитовидной железы, концентрации в крови гормона, влияющего на обмен веществ, костного метаболизма, показателей крови в условиях длительного полета. Полученные данные позволили сформировать для экипажа в полете рекомендации по потреблению жидкости, необходимости использования профилактических и фармакологических средств, корригирующих неблагоприятное влияние на организм человека условий космического полета.

Получены данные по изменению сердечного ритма на завершающих этапах полета и новые, ранее неизвестные факты, отражающие состояние тонуса периферических сосудов.

В целях разработки методов оценки психофизиологического состояния и качества деятельности оператора (космонавта, работающего в системе «человек–машина») получены данные по надежности

профессиональной деятельности космонавта на различных этапах длительного полета с учетом индивидуальной информативности показателей, характеризующих состояние функциональных систем организма и результативность деятельности. На основе полученных данных были разработаны рекомендации к совершенствованию эргономических характеристик рабочего места космонавта и конструкции фиксации космонавта на рабочем месте.

Для создания достаточно полной картины изменений генетических и биологических параметров под влиянием длительного космического полета, в обеспечение комплексных популяционно-генетических исследований дифференциальной устойчивости различных биообъектов к факторам космического полета и с целью отбора как различных биообъектов, обладающих максимальной неспецифической устойчивостью к воздействию экстремальных факторов, так и при отборе кандидатов в космонавты и профессиональном отборе людей, работающих в неблагоприятных условиях среды, получены данные по оценке биологических параметров популяций: продолжительности жизни, темпу смены поколений, плодовитости; параметрам, характеризующим их генетическую структуру, на примере мухи дрозофилы.

Получены уникальные данные в области изучения передачи генов в условиях космического полета на примере патогенных микроорганизмов.

Получены данные, необходимые для определения критериев прогнозирования стойкости материалов к микробиологическому фактору в реальных условиях эксплуатации и разработки рекомендаций по снижению риска их микробиологических повреждений. Проведенные исследования являются первым шагом по оценке границ фенотипической адаптации и генотипических изменений в бактериально-грибных ассоциациях, длительное время находившихся на внешней оболочке МКС, в условиях открытого космоса.

Для изучения молекулярно-генетических особенностей растений, выращенных из семян, сформированных в условиях космического полета, на примере выращивания гороха показано, что высшие растения могут успешно культивироваться в условиях космического полета без потери репродуктивных функций и формировать при этом жизнеспособные семена.

В целях изучения особенностей роста и развития изолированных клеток или одноклеточных организмов в невесомости и отклонений в процессах жизнедеятельности на уровне клетки получены данные по особенностям клеточных контактов в отсутствии земной силы тяжести.

Для понимания причин гравирецепторных дисфункций у космонавтов в полете получены данные о функциональном состоянии органа

равновесия, в первую очередь, его рецепторной части (на примере моллюска), и нарушениях механизмов равновесия под влиянием невесомости.

В целях разработки биотехнологий длительных перевозок как целых экосистем, так и их элементов, при долгосрочных космических полетах получены результаты, характеризующие факт чувствительности покоящихся эмбрионов ракообразных к факторам космического полета, что важно с точки зрения не только мер биологической безопасности со стороны флоры космического корабля по отношению к исследуемому биологическому материалу, но и экологических исследований в земных условиях.

Получены данные по процессам регенерации поврежденных органов на примере планарий и виноградной улитки для оценки воздействия невесомости на структурно-функциональное восстановление поврежденных органов и тканей, что актуально при увеличении продолжительности сроков пилотируемых полетов и объема работ, усложнении операторских задач и повышении риска несчастного случая, получении различного рода травм, в том числе требующих хирургического вмешательства.

В ходе медицинского обеспечения космических полетов получены данные изменений местного иммунитета и микрофлоры пародонта космонавтов, которые квалифицируются как факторы риска развития воспалительных заболеваний пародонта, в обеспечение совершенствования методов и средств контроля за состоянием микрофлоры пародонта в условиях полета и разработки специальных пробиотических средств для профилактики пародонтита у космонавтов.

В результате комплексного исследования динамики основных показателей сердечной деятельности, центрального и регионарного кровообращения в покое и при воздействии отрицательного давления на нижнюю часть тела (ОДНТ) в условиях космического полета получены данные по изменению функциональной нагрузки на систему кровообращения. На основе этого дана оценка результатов комплексного исследования динамики основных показателей сердечной деятельности и кровообращения для эффективного медицинского сопровождения экипажей в ходе полета.

Получены данные, которые представляют интерес не только для оценки кардиореспираторной системы в условиях невесомости, но и для медицинского контроля, в части риска возможных патологических отклонений в регуляции кардиореспираторной системы, сохранения достаточных функциональных резервов организма, в частности, выявлен феномен дополнительной мобилизации функциональных резервов организма, необходимой для сохранения гомеостаза при длительном воздействии невесомости.

Получены данные по терапевтической эффективности лекарственных препаратов, назначаемых членам экипажа в критических ситуациях, и обеспечению адекватной фармакотерапии в ходе космического полета: выявлено уменьшение степени всасывания препаратов в желудочно-кишечном тракте.

Получены данные по эффективности профилактических мероприятий по нивелированию неблагоприятного воздействия невесомости на организм человека: подтверждено положение о меньшей эффективности тренировок в 1-й месяц пребывания человека в условиях космического полета.

Получены данные в области радиационной безопасности в обеспечение разработки метода оперативного прогноза дозовых нагрузок на экипаж пилотируемых космических комплексов. Выявлено, что величина накопленной индивидуальной поглощенной дозы не выходит за пределы показаний бортового радиометра, а мощность поглощенной дозы членов экипажей лежит в норме и зависит, главным образом, от уровня солнечной активности.

Результаты интегрального индивидуального и оперативного дозиметрического контроля на МКС показали, что уровень дозовых нагрузок на членов экипажей ниже, чем на ПКК «Мир».

С целью совершенствования методов космической дозиметрии и оценки радиационной опасности при пребывании экипажей в отсеках станции и внекорабельной деятельности получены данные по распределению потоков ионизирующих частиц и доз радиации, в зависимости от глубины проникновения частиц в тело человека, в условиях длительного космического полета. Показано, что распределение доз радиации идет от периферии к центру тела космонавта, а перепад доз по телу может составить 2 раза в невозмущенных условиях.

В области исследования природных ресурсов Земли получен большой объем уникальной океанологической информации в интересах изучения морских акваторий, исследования биоресурсов Мирового океана для промыслового флота, географического образования, рекламы аэрокосмических методов исследования Мирового океана:

- разновременные натурные данные о состоянии природной среды океана в зонах действия основных гидрофизических, геологических и метеорологических факторов биопродуктивности океанических вод в интересах фундаментальных океанологических исследований;
- сведения о географическом положении и масштабах полей планктона, о структуре облачности в центрах действия атмосферы, а также о районах интенсивных внутренних волн, айсберговых дислокаций и других навигационных опасностей, в целях промысла морепродуктов, морской метеорологии, подводной

навигации, разработки средств и методов дистанционного зондирования океана, специальной подготовки космонавтов и наземного персонала;

- принципиально новые результаты по изменчивости положения и форм крупных акваторий высокой биопродуктивности, существенно изменяющих подходы к планированию многоуровневых наблюдений;
- визуально обнаружены из космоса и зарегистрированы явления, которые открывают возможность получения океанологических данных в полете на теневом участке орбиты с применением относительно недорогих серийных приборов без усилителя света.

В части отработки методов и средств обеспечения океанологических исследований:

- созданы программа и методика океанологической подготовки экипажей РС МКС, значительно сокращающей потери полетного времени на выполнение океанологических экспериментов в космосе, на основе:
 - экспериментально определенных условий, обеспечивающих эффективное решение задач наблюдений Земли экипажами РС МКС,
 - полученных данных, характеризующих возможность использования характеристик океана для обнаружения динамически активных акваторий,
 - отработки режима цифровой видеорегистрации явлений биолюминесцентного свечения вод в процессе проведения «ночных» наблюдений высокопродуктивных акваторий Индийского океана,
 - отработки методики планирования и управления океанологическим экспериментом на этапе развертывания МКС,
 - решения задачи азимутальной привязки фотоизображений океанологических объектов, получаемых при выполнении съемок ручными фотокамерами;
- выпущен видеофильм, который используется на имитаторе внешней визуальной обстановки тренажера РС МКС.

В области наблюдения в ближнем ИК-диапазоне спектра волновых возмущений в средней атмосфере (техногенного и естественного происхождения):

- получены данные о роли состояния нижней термосферы в качестве возможного индикатора для обнаружения таких катастрофических природных явлений, как землетрясения, цунами, тайфуны

и торнадо, и изучения влияния различных техногенных факторов на состояние нижней термосферы;

- построена физическая модель зарегистрированного эмиссионного слоя, объясняющая его появление в окрестности солнечного терминатора;
- накоплен достаточный опыт по математической обработке изображений эмиссионных слоев, полученных с МКС, и выделению в них волновых структур.

В рамках биотехнологических исследований в области выращивания кристаллов белков получены кристаллы белков, превышающие по размерам кристаллы тех же биопрепаратов в контрольном наземном эксперименте и пригодных для проведения рентгеноструктурного анализа с целью выявления активных центров для последующего создания высокоэффективных чистых препаратов в интересах фармацевтической промышленности: препаратов с расширенным спектром действия и заранее предопределенным иммуномодулирующим действием, нового поколения вакцин и препаратов против вирусных инфекций, иерсиниозов, для лечения СПИДа и ряда опухолевых заболеваний, не вызывающих побочных эффектов.

Результаты исследований по получению биокристаллов интерлейкина-1 β были направлены на отработку технологии создания более экономически выгодного промышленного выпуска противоракового препарата беталейкин на производственной базе ГНЦ ОЧБ по заказу Минздравсоцразвития и местных властей Западного региона.

В области изучения влияния микрофлоры на конструкционные материалы космического аппарата с целью выбора наиболее перспективных подходов для ингибирования вредной деятельности микроорганизмов-деструкторов и разработки эффективных методов защиты конструкционных и декоративных материалов от биокоррозии и биоповреждений выделены группы микроорганизмов, обитающие на конструкционных материалах РС МКС, в чистой культуре, в виде комплексов бактерий и стрептомицетов, бактерий и дрожжей, бактерий и микромицетов, что указывает на формирование сообществ и, возможно, биопленок на поверхности материалов, которые значительно более устойчивы к воздействию окружающей среды, чем монокультуры.

Среди изученных бактерий обнаружены штаммы, способные вызвать биологическую коррозию конструкционных материалов; выделенные микроорганизмы вошли в коллекцию штаммов, формирующих микрофлору конструкционных поверхностей орбитальных станций, насчитывающую около 300 штаммов.

Создан музей технофильных культур (грибов и бактерий) и их консорциумов, с четкой привязкой к конкретным эксплуатационным материалам в конкретных конструкциях.

Разработана методика для забора проб с поверхностей эксплуатируемых конструкций без использования консервантов, что позволяет доставлять на Землю в нативном состоянии консорциумы технофильных микроорганизмов.

Предложена методика оценки на электронном и атомно-силовом микроскопах биоповреждений полимеров и металлов с использованием конкретных консорциумов микроорганизмов и анализом повреждений.

В области создания и испытания оборудования для наработки биомассы продемонстрирована высокая выживаемость исследуемых микроорганизмов под воздействием факторов космического полета, получены сопоставимые количественные и качественные показатели по росту культур летных и земных образцов, которые выявили эффективность летных образцов; выделены клоны, перспективные для организации производства после дополнительной селекции.

В области технических исследований и экспериментов в части аппаратурно-методического обеспечения параметров изменений окружающей среды впервые на борту МКС проведены скоординированные многофункциональные измерения этих параметров, отработаны узлы и алгоритмы управления аппаратурой контроля внутриобъектовой среды, подтверждена возможность использования метода оценки интегральной токсичности воды с помощью тест-системы на основе биосенсора «Эколюм» в условиях космического полета.

В части исследований внутренней среды обитаемых отсеков станции получены данные по влиянию изменения радиационного фона на рост представителей бактериальной флоры среды обитания МКС. Разработанный для этих целей биофильтр позволит осуществлять дополнительные меры по очистке атмосферы МКС от органических соединений и свести к минимуму рост биообъектов. В части микрометеоритной безопасности получены актуальные данные по состоянию датчиков контроля метеороидной среды на орбите функционирования МКС.

Сравнение потоков техногенных и метеороидных частиц, измеренных с помощью системы СММК на МКС, с результатами, полученными на станциях «Салют» и «Мир», а также модельными значениями потоков, показывает, что при потоках частиц с размерами более 20 мкм со временем наблюдается увеличение загрязнения околоземного космического пространства в области высот орбит 400–500 км более, чем в 2 раза, за 10–15 лет; при потоках частиц с размерами менее 20 мкм такой эффект не наблюдается в связи с более интенсивным самоочищением космического пространства на этих высотах от микрочастиц меньших размеров за счет аэродинамического торможения и солнечного давления.

В части новых космических технологий получены новые данные в интересах как фундаментальной науки, так и прикладных применений:

- получены устойчивые регулярные пространственные структуры, формируемые заряженными пылевыми частицами в плазме;
- впервые зарегистрированы принципиально новые процессы в условиях микрогравитации, которые невозможно выявить в земных условиях.

Их изучение перспективно для решения задач физики кристаллов, плазменно-коллоидной технологии травления, напыления и получения новых материалов.

Успешно проведена работа абонентского комплекта международной космической системы поиска и спасания КОСПАС–САРСАТ, впервые установленная на космический аппарат, что подтвердило принципиальную возможность использования этой международной системы не только на Земле и самолетах, но и в космосе. Осуществлен контроль работы экспериментальных бортовых приборов — системного контроллера, датчиков Солнца, датчика горизонта, литиевой батареи. Получены данные об обеспечении нормального теплового режима наноспутника.

Результаты этих исследований будут использованы в области навигации, оперативного мониторинга природных явлений и чрезвычайных ситуаций, в области ракетно-космической отрасли по следующим направлениям: технологии малозатратного выведения малых космических аппаратов, технологии проведения технических исследований и экспериментов на борту пилотируемых орбитальных средств, технологии телекоммуникаций, технологии глобального управления системами космических аппаратов и др.

В области космического образования разработана и апробирована технология малозатратного выведения малых космических аппаратов: найден способ создания молодежных научно-исследовательских аппаратов, не требующих больших материальных затрат, с использованием утилизируемых компонентов (скафандров для выхода в открытый космос).

Проведена отработка технических средств, обеспечивающих улучшение качества приема сигнала, с регистрацией (сохранением) поступающей с борта РС МКС видеоинформации на сервере наземного терминала МАИ, отработана методика сборки на борту и запуска подобных спутников с МКС во время проведения внекорабельной деятельности (ВнеКД).

Проверены технические решения о получении радиосигнала с хаотично вращающегося объекта, сроках работы аккумуляторов

(скафандра), температурных изменениях внутри скафандра без работы системы терморегулирования.

11.1. Перспективные пилотируемые орбитальные станции

Технические исследования и эксперименты

Технические исследования и эксперименты в космосе определяют интересы развития ракетно-космической техники, в обеспечение которого проводится отработка составных элементов РКТ, применение новых принципов в работе систем космических аппаратов и освоение новых космических технологий. Первоочередное значение технические эксперименты на ОПСЭЖ имеют для снижения риска полета и создания оптимальных условий целевого использования самого комплекса и средств в его инфраструктуре. При этом полученные результаты могут способствовать совершенствованию систем других ПКК, использованию принципиально новых материалов для создания космической техники и продлению гарантийных ресурсов материалов, используемых в космосе, созданию специального целевого оборудования для реализации ряда научных исследований на борту.

Целесообразно проведение исследований по следующим областям.

- Отработка новых материалов, устройств и технологий:
 - экспериментальные исследования физико-механических, химических и других свойств новых материалов и их стойкости к воздействию факторов космического полета;
 - экспериментальная отработка новых космических аппаратов, их бортовых систем, агрегатов, приборов, узлов и конструктивных элементов, в том числе исследовательские проекты по элементам системы обеспечения теплового режима (СОТР) и системы обеспечения жизнедеятельности (СЖО) в рамках перспективных программ освоения космоса;
 - экспериментальная отработка новых систем взаимодействующих космических аппаратов, включая системы космической межспутниковой связи и навигации, взаимного маневрирования, а также эксперименты с орбитальными тросовыми системами (ОТС).
- Изучение условий на борту орбитального комплекса, включая:
 - вибрационных условий на борту и их влияния на работу научной аппаратуры и отработку виброзащитных средств;
 - газового и аэроионного состава, а также загрязненности атмосферы, воздушных потоков и температурных полей внутри

обитаемых отсеков станции, обработку средств очистки атмосферы;

- собственной внешней атмосферы (СВА), электрических и магнитных полей, потоков заряженных частиц в окрестности станции и их влияния на элементы внешней поверхности и работу аппаратуры.
- Исследование воздействий космических факторов:
 - метеороидной и техногенной обстановки на орбите ОПСЭК;
 - исследование радиационной обстановки на орбите комплекса, влияния космических излучений на работу бортовых систем, научной аппаратуры и экипажей, обработка средств радиационной защиты;
 - исследование влияния вакуума, солнечного излучения, набегающих потоков и других факторов космического полета на работу бортовых систем, научной аппаратуры и экипажей, обработка средств защиты.
- Использование микроспутниковых систем.
- Проведение на ОПСЭК экспериментов, направленных на создание и обработку в космосе крупногабаритных бескаркасных тонкоплочных конструкций с учетом прогнозируемых перспектив использования крупногабаритных тонкоплочных конструкций в различных областях освоения космического пространства (солнечные парусные корабли, космические аппараты длительного функционирования, солнечные батареи, пассивные отражатели электромагнитного излучения и др.).

Для реализации на ОПСЭК может быть также рекомендовано решение таких задач, как:

- исследование процессов в жидких и газообразных рабочих телах при наличии фазовых переходов и работы по совершенствованию систем очистки воздуха в гермоотсеке станции от углекислого газа и излишней влаги;
- исследование гидродинамики и теплопередачи монодисперсных капельных потоков в условиях микрогравитации применительно к капельным холодильникам-излучателям (КХИ) космического аппарата;
- исследование горения конструкционных материалов при микрогравитации в целях совершенствования систем обеспечения пожарной безопасности;
- испытания в условиях космического пространства модулей солнечных батарей (СБ) на основе каскадных фотоэлектрических

преобразователей (ФЭП) с концентраторами солнечного излучения;

- испытания в условиях космического пространства экспериментальной модели системы электроснабжения на основе сверхлегких панелей СБ, литий-ионной аккумуляторной батареи и блока автоматики, регулирования и контроля внеконтейнерного исполнения;
- летные испытания секции энергодвигательного комплекса на основе тонкопленочных разворачиваемых СБ с использованием аморфного кремния;
- испытания в условиях космического пространства лазерного реактивного двигателя с солнечной накачкой;
- экспериментальная проверка возможности создания плазменной антенны с заданными характеристиками в условиях космоса;
- экспериментальные исследования влияния искусственных плазменных образований на радиолокационный портрет космического аппарата;
- исследование эффективности применения композиционных материалов для баков при хранении криогенных компонентов топлива.

Особый интерес представляют исследования по отработке орбитальной тросовой системы (ОТС). В рамках исследований ОТС целесообразно рассмотреть возможность проведения на автономном специализированном КА, входящем в инфраструктуру ОПСЭК, исследований, посвященных отработке безрасходного спуска корабля с орбиты и повышения орбиты ОПСЭК с помощью троса. Результаты эксперимента позволят приступить непосредственно к опытно-конструкторской разработке штатной транспортной тросовой системы в составе орбитального комплекса. Согласно проведенным проектным проработкам такая штатная система способна обеспечивать многократный тросовый спуск с орбиты грузовых кораблей, а при необходимости также отдельных блоков, модулей и конструкций.

Медико-биологические исследования

Созданная к настоящему времени система медицинского обеспечения длительных космических полетов требует больших затрат времени на выполнение физических упражнений и медицинских обследований. Кроме того, нет гарантий, что наблюдаемое при нынешней длительности полетов благополучие не обеспечивается мобилизацией резервных возможностей организма и при истощении компенсаторно-приспособительных сил и не может произойти развитие необратимых изменений в состоянии здоровья. Поэтому наибольшую актуальность на ОПСЭК будут иметь исследования, направленные на оптимизацию системы медицинского обеспечения космонавтов в целях

повышения эффективности деятельности экипажа при сохранении достигнутого уровня надежности, подготовки к полетам в рамках перспективных программ освоения дальнего космоса.

Дистанционное зондирование Земли и экологический мониторинг

В области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) наибольший научный и практический интерес представляют исследования глобальных явлений с участием всех природных сред, имеющих принципиальное значение для существования и эволюции всех форм жизни. Эти исследования необходимы для формирования стратегии создания мировой системы предсказания климата на планете. Важным является также изучение проблемы взаимодействия природных сред, так как именно баланс (или дисбаланс) потоков вещества и энергии при взаимодействиях определяет эволюцию экологического состояния планеты, подвергающейся антропогенному возмущению.

В программе исследований на ОПСЭК особое внимание следует уделить исследованиям морей, прилегающих к территории России, включая изучение и охрану морской среды, вопросы обоснования путей рационального использования биологических, минеральных и энергетических ресурсов в прибрежной зоне, сохранение рекреационного потенциала суши и моря. Значение таких исследований для экономической и социальной жизни России объективно обусловлено большой протяженностью морской границы, значительной площадью шельфа, перспективного на углеводородные ресурсы, и зависимостью прибрежных регионов от работы морского транспорта.

Космическая технология и материаловедение

Проведенный анализ актуальности направлений работ в данной области показал целесообразность продолжения и развития на ОПСЭК фундаментальных исследований по росту кристаллов полупроводников и диэлектриков, физике жидкости и явлениям переноса, физике низких температур, а также проведения экспериментов в целях получения новых материалов. Принципиальная реализуемость данных исследований на ОПСЭК обеспечена возможностью использования практически всех аппаратурных заделов ПКК «Мир» и РС МКС.

Космическая биотехнология

Для разработки стабильных методов получения биообъектов с новыми свойствами, создания оборудования и отдельных стадий биотехнологических процессов на ОПСЭК целесообразно продолжать и расширять исследования по изучению влияния факторов космического полета на биохимические, морфологические, генетические свойства микроорганизмов с привлечением научной аппаратуры нового поколения.

Важность таких исследований обусловлена тем, что к настоящему времени до конца не установлена степень влияния повышенных перегрузок на участках выведения и возвращения на Землю, микроускорений и вибраций на орбитальном участке, электромагнитных полей с переменными по времени градиентами, амплитудами и частотами, механических колебаний с различными амплитудами и частотными спектрами, радиационного фона, отличного от фона у поверхности Земли, в том числе потоков частиц с высокой энергией; акустических колебаний на характеристики процесса или материала, что необходимо для достижения воспроизводимости экспериментальных результатов и последующего управления технологическим процессом.

Геофизические исследования

На ОПСЭК, в первую очередь, могут проводиться такие геофизические исследования, в которых необходимо участие экипажа: измерения, направленные на решение конкретной физической задачи, отработка новых методов исследований. В частности, на перспективном комплексе могут получить дальнейшее развитие эксперименты, выполняемые на РС МКС, в рамках таких областей, как радиозондирование ионосферы, исследования в области физики верхней атмосферы, исследование быстротекущих активных процессов на Солнце.

С учетом результатов предварительных проработок в перечень задач для реализации на ОПСЭК можно предложить следующие исследования:

- отработку методов мониторинга электромагнитных и плазменных предвестников землетрясений, чрезвычайных ситуаций и техногенных катастроф;
- оптические наблюдения состояния верхней атмосферы в целях разработки модели эмиссий гидроксила и кислорода для долгосрочного прогнозирования атмосферных процессов и раннего обнаружения природных и техногенных катастроф;
- исследование атмосферных вспышек гамма- и оптического излучения в условиях грозовой активности;
- изучение влияния солнечно-земных связей на гидродинамические и электромагнитные индикаторы кризисных атмосферных процессов;
- радиозондирование ионосферы для создания системы оперативного глобального контроля состояния ионосферы и окружающего космического пространства;
- исследования волновой реакции ионосферы на ионно-пучковое взаимодействие в целях получения данных по влиянию искусственно стимулированных неоднородностей ионосферы и искусственных плазменных образований на волновые характеристики

ионных антенн различной конфигурации (кольцевых, спиральных, тросовых) и динамику мощного ионного пучка в ионосфере Земли;

- исследование пучков высокоэнергичных электронов в магнитосфере Земли, генерируемых грозовой активностью;
- изучение быстропротекающих процессов в солнечной короне для определения механизма солнечных вспышек, их роли в энергобалансе солнечной короны и влиянии на верхнюю атмосферу Земли.

Астрономические и астрофизические исследования

Актуальность исследований в области астрономии и астрофизики определяется в основном интересами развития фундаментальной науки, однако ряд задач имеет и прикладную направленность.

Изучение различных астрономических объектов (от звезд до галактик и квазаров) дает возможность познать строение и эволюцию окружающего нас мира, а также служит стимулом в развитии фундаментальных наук.

Исследования состава и параметров солнечных и галактических космических лучей позволяют понять процессы, происходящие в недрах Солнца и на просторах Вселенной, так как космические лучи являются носителями информации о характеристиках межгалактической и галактической сред, в том числе и гелиосферы, на ранних этапах развития Вселенной.

Исследования космических лучей необходимы для оценки радиационной обстановки с целью повышения радиационной стойкости аппаратуры и обеспечения безопасности экипажей космических кораблей и орбитальных комплексов, так как ядерная компонента космических лучей, имеющая высокую ионизирующую способность, способна вызывать различные типы изменений в микрообъемах твердых тел и биологических структурах. Прикладное значение исследований электромагнитных и корпускулярных излучений высоких энергий возрастает в случае увеличения наклона орбиты перспективного комплекса по сравнению с орбитами пилотируемых средств, эксплуатировавшихся до настоящего времени.

Важный объект исследований — космические метеориты. Проведенные к настоящему времени исследования в стране и мире показали повышенную плотность метеорной материи вокруг Земли по сравнению с межпланетным пространством, которая подчинена определенным закономерностям и подвержена временным флуктуациям в зависимости от разных высот и широт.

Исследование происхождения и поведения ионов металлов может пролить свет на проблему активности метеорных потоков.

В связи с этим важны измерения суточных, сезонных вариаций плотности и состава верхней атмосферы, а также вариаций, связанных с циклом солнечной активности и другими геофизическими условиями. Особенно это касается малых компонент изотопов и дважды ионизованных компонент гелия, дейтерия, азота, кислорода, а также молекулярных ионов и ионов металлов.

Широтное поведение легких компонент может быть предвестником землетрясений.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ НАЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ ПИЛОТИРУЕМЫМИ КА

12.1. Создание и развитие наземного комплекса управления пилотируемыми КА

Для управления полетами космических аппаратов используется наземный автоматизированный комплекс управления (НАКУ). Наземный автоматизированный комплекс управления представляет базовый, универсальный для всех типов КА комплекс стационарных и подвижных систем и средств обмена с КА командно-программной, телеметрической, баллистической, телевизионной, голосовой и другой информацией, средств связи и автоматизированного сбора и обработки информации с необходимым математическим обеспечением, предназначенный для управления всей совокупностью КА, функционирующих в космическом пространстве. Средства НАКУ размещены на командно-измерительных пунктах, пунктах (центрах) управления средствами НАКУ и в центрах управления полетами. Наземный комплекс управления (НКУ) представляет совокупность средств из состава наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ) и используется для управления конкретными КА или группировкой однотипных КА.

С появлением ракетной техники в СССР для ее отработки были созданы только полигонные измерительные комплексы Капустин Яр и Байконур.

В 1956 г. было принято решение о развертывании работ по осуществлению запусков искусственных спутников Земли (ИСЗ). Тогда же было поручено научно-исследовательскому институту № 4 (НИИ-4) Министерства обороны в исключительно короткие сроки создать наземный командно-измерительный комплекс (КИК) для приема передаваемой с ИСЗ информации и выдачи на нем управляющих воздействий. И в конце 1957 г. такой КИК был создан. Возглавлял работу КИК координационно-вычислительный центр (КВЦ), который располагался в НИИ-4. В составе КИК центр управления полетами (ЦУП) не предусматривался. В состав КИК вошли 7 командно-измерительных пунктов (КИП), расположенных в районе населенных пунктов: КИП-1 (Тюра-Там), КИП-2 (Макат), КИП-3 (Сары-Шаган), КИП-4

(Енисейск), КИП-5 (Искуп), КИП-6 (Елизово), КИП-7 (Ключи). Следует отметить, что существуют различные названия командно-измерительных пунктов: ИП — измерительный пункт, НИП — наземный измерительный пункт, КИП — командно-измерительный пункт, ОКИК — отдельный командно-измерительный комплекс.

В 1959 г. выходит развернутое постановление правительства о создании космического корабля «Восток» и доставки человека на орбиту искусственного спутника Земли. В постановлении также содержалось поручение о создании КИК для обеспечения полетов пилотируемых космических кораблей. В короткие сроки в дополнение к существующим были созданы 8 новых командно-измерительных пунктов, расположенных в районе населенных пунктов: КИП-8 (Гижига), КИП-9 (Ленинград), КИП-10 (Симферополь), КИП-11 (Тбилиси), КИП-12 (Колпашево), КИП-13 (Улан-Удэ), КИП-14 (Щелково), КИП-15 (Усурийск). Все КИП принадлежали Министерству обороны. С целью контроля участков траекторий, проходящих над акваторией Тихого океана, в 1959 г. был создан первый плавучий измерительный комплекс — тихоокеанская океанографическая экспедиция (ТОГЭ-4), состоящая из судов «Сибирь», «Сучан», «Сахалин» и связного корабля «Чукотка». Для контроля участка работы тормозной двигательной установки и начала движения спускаемого аппарата по траектории спуска над акваториями Атлантического океана и Средиземного моря были подготовлены три корабля-сухогруза: «Долинск», «Кегостров» и «Егорьевск».

Была создана новая поисково-спасательная служба, включавшая 20 самолетов ВВС Ил-14 и 10 вертолетов Ми-4, оборудованных приводными пеленгационными станциями, работающими по ультракоротковолновым передатчикам-маякам, устанавливаемым на спускаемых аппаратах и скафандрах космонавтов. Антенны передатчиков-маяков коротковолнового диапазона размещались в стропах парашюта спускаемого аппарата.

Были образованы 7 парашютно-десантных групп по 3–4 человека в каждой в составе врача и специалистов по оборудованию пилотируемых кораблей для десантирования на месте приземления космонавта и оказания необходимой помощи.

Для связи с космонавтами во время полета на борту космического аппарата была установлена система «Заря», работающая в коротковолновом и ультракоротковолновом диапазонах радиоволн. С целью дублирования передачи особо важных параметров, в дополнение к существующей системе была разработана простейшая телеметрическая система «Сигнал», работающая в коротковолновом диапазоне. Для передачи телевизионного изображения космонавта была разработана новая система «Селигер-Трал Т». Командно-измерительные

пункты КИК были оснащены соответствующей наземной приемной аппаратурой.

Функции ЦУП на этапе полета первых космонавтов выполняла техническая группа Государственной комиссии под руководством Сергея Павловича Королева. Во время запуска Сергей Павлович находился на стартовой позиции в пусковом бункере и контролировал полет ракеты-носителя по репортажу телеметристов, а после отделения космического аппарата от ракеты-носителя переезжал в монтажно-испытательный корпус в кабинет командира войсковой части, готовившей ракету-носитель и космический аппарат к запуску. Там техническая группа получала по телефонной и телеграфной связи результаты оперативной обработки наиболее важных телеметрических параметров, анализировала их и принимала соответствующие решения по управлению. Группы оперативной обработки телеметрической информации располагались на командно-измерительных пунктах КИК и состояли из специалистов ОКБ-1 и местных военнослужащих. При длительных полетах космических аппаратов техническая группа переезжала в Москву и размещалась в Генеральном штабе, где ей предоставлялись две большие комнаты, оснащенные необходимыми связями. С 1965 г. техническая группа приезжала в КВЦ ЦНИИмаш.

С началом разработки проектов долговременных орбитальных станций и новых пилотируемых транспортных кораблей «Союз» КИП-16 вблизи г. Евпатория был выбран для создания на нем Центра управления полетами (ЦУП-Е) космических объектов пилотируемых программ с ограничением функций по баллистическому обеспечению, которые возлагались на КВЦ ЦНИИмаш. В 1967 г. ЦУП-Е начал функционировать в этом качестве и управлял полетами кораблей «Союз», орбитальных станций «Салют-1»–«Салют-5».

В 1973 г. между СССР и США было заключено соглашение о реализации совместного полета космических кораблей «Союз» и «Аполлон» и их стыковке на орбите (программа ЭПАС — экспериментальный полет «Союз»–«Аполлон»). В этом же году было принято решение об управлении космическим кораблем «Союз» из КВЦ ЦНИИмаш, который стал называться советским центром управления полетом (СЦУП). Для передачи в СЦУП принятой на КИП-16 с корабля «Союз» телеметрической и телевизионной информации были построены радиорелейные линии Симферополь–Москва и Евпатория–Симферополь. Для передачи такой же информации в СЦУП с пристартовых КИП Байконура использовалась кабельная широкополосная линия Ташкент–Москва. Полет космического корабля «Союз» проходил 15.07.75–21.07.75 и был выполнен успешно.

В 1977 г. на ЦУП ЦНИИмаш были возложены задачи управления всеми отечественными космическими кораблями, пилотируемыми

орбитальными и автоматическими межпланетными станциями. С этого времени ЦУП управлял полетами пилотируемых станций «Салют-6», «Салют-7», «Мир», «МКС», а также многими беспилотными автоматическими космическими аппаратами и станциями.

В этот же период был увеличен состав средств НАКУ. Для обмена информацией с пилотируемыми космическими аппаратами и станциями во время их полета в северной части западного полушария Земли была создана флотилия из научно-исследовательских судов «Академик Сергей Королев», «Космонавт Юрий Гагарин», «Космонавт Владимир Комаров», которые размещались в рабочих точках вблизи острова Куба. Для замены устаревших кораблей-сухогрузов «Долинск», «Кег-остров» и «Егорьевск» были введены в эксплуатацию корабли плавучего телеметрического комплекса «Боровичи», «Моржевец», «Невель», «Космонавт Виктор Пацаев», «Космонавт Владислав Волков», «Космонавт Георгий Добровольский». Для ретрансляции телеметрической и телевизионной информации, принятой наземными пунктами КИК, привлекался космический сектор на базе спутников связи «Молния». Для связи со станцией «Мир», на которой была установлена бортовая аппаратура системы ретрансляции «Альтаир», были запущены на геостационарную орбиту ИСЗ спутники-ретрансляторы «Луч», которые позволили увеличить зону связи на каждом витке до 60 мин.

Созданная разветвленная сеть командно-измерительных наземных пунктов, корабельных плавучих измерительных комплексов, системы спутников связи и ретрансляции «Молния» и «Луч», наземной широкополосной радиорелейной и кабельной сети, создание посадочного комплекса на космодроме «Байконур», наличие центра управления полетами ЦУП ФГУП ЦНИИмаш и центра контроля и управления работой КИК в подмосковном г. Красноармейске позволили успешно провести в 1988 г. первый и единственный полет универсального многоразового корабля «Буран», входившего в состав многоразового пилотируемого космического комплекса «Энергия»–«Буран».

12.2. Современное состояние и возможности наземного комплекса управления пилотируемыми КА

С распадом СССР и началом перестройки из состава пилотируемого командно-измерительного комплекса исчезли: КИП-11 (Тбилиси, Грузия), КИП-3 (Сары-Шаган, Казахстан), КИП-16 (Евпатория, Украина), все корабли, работавшие в акваториях Атлантического и Индийского океанов и Средиземного моря (кроме корабля «Космонавт Виктор Пацаев», стоящего в порту г. Калининграда и продолжающего работать с международной космической станцией МКС), радиорелейная линия Симферополь–Москва. В конце периода эксплуатации космической

станции «Мир» прекратила свое существование космическая система ретрансляции «Луч». Однако в изменившихся экономических условиях и оставшаяся часть НАКУ была дорогой в эксплуатации. С появлением ведомственных спутников связи типа «Ямал», «Банкир» и других стали появляться ведомственные центры управления полетами, командно-измерительные пункты, системы связи. Кроме этого, в связи с развитием международного сотрудничества в космосе, требующего большей степени открытости по использованию наземных средств управления в совместных космических программах, применение систем, предназначенных для работы с КА как военного, так и гражданского назначений, значительно усложняло их эксплуатацию.

В этой связи действительно возникал вопрос о целесообразности образования гражданской компоненты, разработке проектных документов, определяющих концепцию, облик и другие качества, необходимые для создания перспективного высокоэффективного наземного автоматизированного комплекса управления и измерений космических аппаратов пилотируемого, научного и социально-экономического назначения (НСЭН) разных типов. Решения возникающих проблем Роскосмос поручил ФГУП ЦНИИмаш (ЦУП). Выполненные в кооперации с Министерством обороны проектные проработки позволили получить результаты, отвечающие на поставленные вопросы.

Было рекомендовано создать Единый государственный НАКУ КА и измерений, основу которого составляет наземный автоматизированный комплекс управления (НАКУ) Минобороны России. Для управления некоторыми КА научного и социально-экономического назначения (НСЭН) создать гражданскую компоненту на основе комплексов и средств Федерального космического агентства, а также других государственных и коммерческих организаций России. Задачи управления полетом пилотируемых объектов на этапе становления гражданской компоненты решать в рамках Единого ГосНАКУ.

Кроме того, было рекомендовано создать:

- Центр координации и планирования работы гражданской составляющей ГосНАКУ, а также ситуационного анализа состояния орбитальной группировки КА НСЭН, разместив его в ЦУП ФГУП ЦНИИмаш;
- Центр координации, эксплуатации и развития средств гражданской составляющей ГосНАКУ, разместив его в РНИИ КП.

В настоящее время НАКУ Минобороны включает 12 командно-измерительных пунктов (КИП), рассредоточенных на территории страны, а также центры управления полетом (ЦУП) КА, расположенные в г. Краснознаменске Московской обл. Измерительные комплексы космодромов и полигонов Минобороны России обеспечивают траекторный

и телеметрический контроль при пусках ракет космического назначения. Сегодня в состав измерительных комплексов космодромов «Байконур», «Плесецк» и полигона «Капустин Яр» входят около 20 измерительных пунктов.

НАКУ МО функционирует на основе централизованного планирования и распределения его ресурсов. При этом если ЦУП закреплены за конкретными типами КА, то средства управления, расположенные на КИП, используются в соответствии с оперативными планами в режиме массового обслуживания различных КА.

ЦУП, привлекаемые баллистические центры (БЦ) и средства КИП (командно-измерительные системы, телеметрические станции, средства автоматизации, связи и др.), используемые для управления КА конкретной космической системы, составляют соответствующий наземный комплекс управления (НКУ) космическим аппаратом.

Такое построение и функционирование НАКУ и его средств в 80-х гг. прошлого века являлось наиболее оптимальным с экономической точки зрения и обеспечивало высокие тактико-технические и эксплуатационные характеристики НКУ КА при соответствующем своевременном обновлении и развитии средств управления.

В настоящее время в составе пилотируемого НКУ для работы с российским сегментом МКС используются:

- командно-измерительные пункты из состава КИК Минобороны России: КИП-4 (Енисейск), КИП-6 (Елизово), КИП-7 (Барнаул), КИП-9 (Санкт-Петербург), КИП-13 (Улан-Удэ), КИП-14 (Щелково), КИП-15 (Уссурийск);
- КИП из состава Гражданской компоненты: КИП пл. 23 (Байконур), КИП пл. 44 (Байконур), НИС КВП (Калининград).

Основные командно-измерительные пункты Гражданской компоненты размещены на территории ОАО «Российские космические системы» (г. Москва), вблизи Медвежьих Озер (Западный пункт), Железногорска (Центральный пункт), Уссурийска (Восточный пункт).

Жесткие требования к характеристикам радиовидимости средств Гражданской компоненты предъявляют пилотируемые полеты программы МКС, где необходимы длительные интервалы связи с космическим комплексом в телеоператорном режиме (режим «телесайенс», который необходим при работе с научной аппаратурой), а также возможность оперативной организации связи ЦУП с МКС в любой момент времени.

Радикальный путь обеспечения круглосуточной связи с российским сегментом МКС — создание многофункциональной космической системы ретрансляции (МКСР) на основе спутников-ретрансляторов на геостационарной орбите.

Создание МКСР является наиболее эффективным решением проблемы перехода на глобальную малопунктную (принципиально

однопунктную) технологию контроля и управления всеми видами низкоорбитальных и средневысотных КА с одновременной ретрансляцией с них широкополосной целевой и телеметрической информации, что особенно важно для повышения эффективности управления пилотируемыми КК, целевого применения КА дистанционного зондирования Земли, а также контроля средств выведения при пусках по необорудованным наземными измерительными средствами трассам.

В настоящее время в состав МКСР «Луч-М» входят спутники-ретрансляторы «Луч-5А», «Луч-5Б», «Луч-5В» с точками стояния 16° з. д. над Атлантикой, 95° в. д. над Индийским океаном и 167° в. д. над Тихим океаном. В зоне их видимости будет находиться вся поверхность планеты за исключением полярных и приполярных областей. Таким образом, КА будут иметь возможность взаимодействовать с центрами управления полетами, расположенными на территории России, почти 100 % времени.

Следует особо отметить, что в 2006 г. все объекты измерительного комплекса космодрома (ИКК) «Байконур» переданы от Космических войск в ведение Роскосмоса и начиная с июля 2006 г. эксплуатация ИКК «Байконур» осуществляется смешанными расчетами Космических войск и Роскосмоса, а с 2007 г. все информационное обеспечение пусков РКН с этого космодрома осуществляется расчетами филиала ФГУП НПО ИТ.

Кроме этого, запланирован переход на новую бортовую единую командно-телеметрическую систему (ЕКТС) S-диапазона и универсальную наземную командно-измерительную систему УНКИС «Клен». Станции УНКИС «Клен» предполагается разместить на трех базовых КИП гражданской компоненты ГосНАКУ и на космодроме «Байконур».

Основным средством управления в перспективном НКУ пилотируемыми КК должен являться спутниковый контур управления на базе как минимум двух СР МКСР «Луч-М» с использованием в абонентских радиоканалах международных частот S- и Ku-диапазонов.

Наземный пункт ретрансляции МКСР «Луч-М» должен создаваться на основе разрабатываемой модификации КИС «Клен-Р», работающей в Ku-диапазоне частот по магистральным каналам МКСР. На первом этапе, при наличии двух СР в точках 16° з. д. и 95° в. д., в составе НКУ достаточно одного пункта ретрансляции, размещенного вблизи Москвы (поселок Медвежьих Озера) и обеспечивающего одновременную работу с обоими СР. На последующем этапе после ввода третьего СР в точке 167° в. д. необходим второй пункт ретрансляции на востоке страны.

Возможными местами дислокации пунктов ретрансляции МКСР могут быть КИПы в Медвежьих озерах и Уссурийске.

Перевод управления пилотируемыми космическими комплексами на малопунктную гражданскую компоненту Единого ГосНАКУ требует внесения изменений в состав бортовой аппаратуры и технологии управления. Прежде всего, это коснется следующих компонент.

- Введения технологии баллистико-навигационного обеспечения (БНО) управления низкоорбитальными КА, основанной на использовании бортовой навигационной аппаратуры, которая в штатных условиях не требует применения наземных измерительных средств.
- Введения однопунктной технологии БНО КА на геостационарной орбите, требующей использования в составе КИП высокоточных угломерных систем, в частности корреляционных фазовых пеленгаторов.
- Применения развитых бортовых комплексов управления КА, автономно решающих задачи обработки и анализа телеметрической информации, диагностики состояния и автоматического парирования неисправностей бортовых систем КА, что позволяет в большинстве случаев отказаться от специального высокоскоростного (256 кбит/с) радиоканала передачи с КА телеметрической информации и использования в составе КИП специальной телеметрической станции.
- Создания отечественных средств управления КА, соответствующих международным требованиям, Регламенту радиосвязи, стандартам и рекомендациям международных комитетов ISO и CCSDS. Оснащение такими средствами КИПов гражданской компоненты решает проблему совместимости и возможности интеграции российских средств управления КА с зарубежными, что необходимо для эффективного и полноценного участия России в совместных международных космических проектах.

ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ — ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

13.1. Бортовой комплекс управления, наземный комплекс управления, Центр управления полетами

Освоение космического пространства Российской Федерацией и использование космической техники для решения научных и социально-экономических проблем регламентируются Федеральной космической программой. В программе формулируются цели и назначаются сроки их реализации. Для достижения конкретных целей или некоторой их совокупности создается космический аппарат. При проектировании космического аппарата цели декомпозируются на задачи, для решения задач создаются бортовые технические системы, приборы и устройства. Режимы работы бортовой аппаратуры КА определяются программами, закладываемыми в бортовые вычислительные системы. Совокупность взаимосвязанных бортовых устройств космического аппарата с информационным и математическим обеспечением, решающих автономно или совместно с наземным комплексом управления задачи управления движением КА и функционирования его аппаратуры, составляет **бортовой комплекс управления (БКУ)**.

Наиболее развитым БКУ для российских космических аппаратов является бортовой комплекс управления служебного модуля (СМ) российского сегмента МКС (РС МКС), который выполняет следующие основные функции [1]:

- управление работой основных систем РС МКС;
- двусторонняя радиосвязь экипажа с **наземным комплексом управления (НКУ)**;
- возможность осуществлять двустороннюю бортовую связь между модулями МКС;
- прием на борту информации по управлению;
- передача на НКУ телеметрической информации о состоянии экипажа и бортовых систем;
- прием и передача телевизионной информации;
- ориентация комплекса относительно центра масс;

- коррекция орбиты РС МКС;
- сближение и стыковка других КА с МКС;
- снабжение РС МКС электроэнергией;
- поддержание заданного температурно-влажностного режима жилого объема, элементов конструкции и оборудования;
- внекорабельная деятельность экипажа;
- проведение научных и прикладных исследований и экспериментов с использованием доставляемой целевой аппаратуры;
- обеспечение условий работы и отдыха экипажа.

БКУ служебного модуля РС МКС включает следующие системы:

- бортовую вычислительную систему (БВС) — служит для управления бортовыми системами и координации работы всех модулей РС МКС, решает задачи долгосрочного планирования и автономного управления, а также обеспечивает связь с системой управления бортовой аппаратурой американского сегмента;
- систему управления бортовой аппаратурой (СУБА) — предназначена для управления, контроля и диагностики состояния бортовых систем СМ. СУБА функционирует на основе использования выходных данных сигналов датчиков, функциональных выходов командной радиолинии СМ, релейных выходов БВС, пультов управления СМ и бортовых систем;
- систему управления движением и навигацией (СУДН) — СУДН СМ совместно с БВС, исполнительными органами и датчиковой аппаратурой модулей и исполнительными органами кораблей составляет единый комплекс по управлению движением, способный решать следующие задачи:
 - гашение угловых скоростей СМ после отделения от ракеты-носителя;
 - ориентация станции в расчетных режимах;
 - выполнение программных разворотов в любом режиме ориентации;
 - проведение коррекции орбиты с помощью КД СМ, маршевых двигателей ТГК «Прогресс» и двигателей ориентации (ДО) СМ, двигателей причаливания и ориентации (ДПО) КА «Прогресс»;
 - управление ориентацией панелей солнечных батарей;
 - проведение перестыковок станции с КА «Союз», «Прогресс»;
 - проведение расстыковок станции с КА «Союз», «Прогресс», ATV;
 - управление ориентацией станции при стыковках и расстыковках с кораблями «Союз», «Прогресс», ATV;

– использование БВС для реализации режимов управления движением;

- систему бортовых измерений (СБИ) — предназначена для получения и передачи на Землю информации о состоянии и работе систем, научного оборудования и состоянии здоровья членов экипажа;
- бортовой радиокomплекс (БРК) — обеспечивает двустороннюю голосовую связь, обмен цифровой командно-программной, телеметрической и телевизионной информацией через российские наземные комплексы или через спутник-ретранслятор, находящийся на геостационарной орбите.

Состав и выполняемые функции БКУ являются типичными для пилотируемых околоземных космических станций и будут расширяться для перспективных лунных и межпланетных экспедиционных комплексов.

Состояние систем КА, запасов топлива и энергоресурсов, правильность выполнения программ и функционирования бортовой аппаратуры контролирует Центр управления полетами. Чтобы обеспечить связь КА с ЦУП, в состав бортового комплекса управления входит система обмена информацией с НКУ, реализуемая с помощью БРК.

Наземный комплекс управления представляет совокупность средств из состава **наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ)** и используется для управления КА (или несколькими КА). В свою очередь, наземный автоматизированный комплекс управления — базовый, универсальный для всех типов КА комплекс стационарных и подвижных систем и средств обмена с КА командно-программной, телеметрической, баллистической, телевизионной, голосовой и другой информацией, средств связи и автоматизированного сбора и обработки информации с необходимым математическим обеспечением, предназначенный для управления всей совокупностью КА, функционирующих в космическом пространстве. Средства НАКУ размещены на командно-измерительных пунктах, пунктах управления средствами НАКУ и в Центрах управления полетами.

Совокупность наземных и бортовых средств с необходимым информационным и математическим обеспечением представляет **автоматизированную систему управления полетом (АСУП)**. Помимо средств НКУ, в управлении КА участвуют:

- экипаж пилотируемых КА;
- научные организации-постановщики научных и прикладных экспериментов и потребители информации, передаваемой с борта КА;

- контрольно-испытательные и комплексно-моделирующие стенды (КИС, КМС), располагающиеся на территории предприятий-изготовителей КА;
- секторы главных конструкторов, располагающиеся на территории предприятий-проектировщиков КА;
- региональные группы управления или консультативные группы, располагающиеся в Центрах управления полетами стран-участниц, при выполнении международных космических программ;
- автоматизированная система предупреждения опасных ситуаций в околоземном космическом пространстве (АСПОС ОКП) для своевременного выявления опасных сближений КА с космическим мусором, как по трассе выведения, так и на целевых орбитах;
- поисково-спасательный комплекс для обеспечения поиска и эвакуации экипажей КА или спускаемых капсул;
- специализированные центры (ЦПК — центр подготовки космонавтов, ЦУМОКО — центр управления медицинским обеспечением космических объектов, НЦ ОМЗ — научный центр оперативного мониторинга Земли, Гидрометеоцентр и др.).

БКУ, НКУ, экипаж пилотируемого КА, технические комплексы и организации, привлекаемые к управлению КА, составляют **контур управления полетом** конкретного КА. Функции управления рационально распределяются между БКУ, НКУ и экипажем пилотируемого КА.

Основным элементом контура управления полетом КА является Центр управления полетами (ЦУП). ЦУП предназначен для обеспечения управления полетами космических аппаратов разных классов: пилотируемых орбитальных комплексов, космических кораблей, автоматических межпланетных станций и КА социально-экономического и научного назначения (КА НСЭН). Одновременно в ЦУП проводятся научные и проектные исследования и разработка методов, алгоритмов и средств решения задач управления, баллистики и навигации, обработки телеметрической информации и др. ЦУП обеспечивает обмен информацией со всеми элементами контура управления полетом КА.

Входная информация, поступающая в ЦУП [2]:

- со станций слежения — потоки телеметрической информации, квитанции о приеме на борту КА переданных управляющих воздействий, телевизионная и голосовая информация с борта КА, данные траекторных измерений, сообщения о состоянии технических средств приема и передачи информации на станциях слежения;

- с космодрома — сведения об исходном состоянии систем КА перед стартом и перечень замечаний к работе бортовых систем, полученных в процессе наземных испытаний при подготовке к полету;
- из центра обработки научной информации — предварительные результаты обработки научной информации, которые используются для корректировки программы бортовых экспериментов или изменения методик их проведения;
- из центра обработки медицинской информации — результаты анализа состояния здоровья экипажа и рекомендации по профилактическим мероприятиям, изменению режима труда и отдыха, программы медико-биологических исследований на борту КА;
- от поисково-спасательного комплекса: перед спуском КА с орбиты — сведения о размещении и готовности средств поиска и спасения на трассе посадки; непосредственно на участке спуска — данные о самолетных, вертолетных и морских средствах по наблюдению за приземлением; из района посадки — данные по состоянию здоровья и порядку эвакуации экипажа;
- из Гидрометеоцентра — прогноз погоды по планируемым районам наблюдения земной поверхности и плотность облачного покрова, прогноз погоды по районам посадки;
- со средств моделирования полета — результаты моделирования полетных ситуаций.

Выходная информация, передаваемая из ЦУП [2]:

- для станций слежения:
 - программа задействования средств (времена, режимы работы, начальные условия) приема и передачи данных;
 - программы выдачи управляющих воздействий на борт КА и передачи в ЦУП всей информации, принятой с борта КА;
 - данные для управления антенными системами при слежении за КА;
 - голосовая информация, передаваемая затем по каналу «Земля–борт» для переговоров с экипажем КА;
 - отдельные радиокоманды (в основном в нештатных ситуациях, когда они не запланированы заранее);
- для космодрома — времена и допустимые интервалы для старта КА в процессе подготовки КА к запуску;
- для центра обработки научной информации — данные телеизмерений с научной аппаратуры, уточненные программы научных исследований на борту КА;

- для центра обработки медицинской информации — данные телеизмерений с медицинской аппаратуры, уточненные программы научных исследований на борту КА;
- для поисково-спасательного комплекса — планируемое время в районе посадки КА, в том числе в нештатных ситуациях при досрочном спуске, сведения по техническому обслуживанию спускаемого аппарата;
- для Гидрометеоцентра — заявки на прогноз погоды в предполагаемых районах посадки спускаемого КА;
- для средств моделирования полета — заявки на моделирование полета для идентификации возникших неисправностей или разработки рекомендаций по управлению КА в непредусмотренных нештатных ситуациях.
- для всех вышеперечисленных пунктов — обмен голосовой информацией со специалистами в ЦУП.

13.2. Структурные элементы Центра управления полетами

Исходя из принципов функционального распределения работ, состава работ и многообъектового управления полетами строится организационная и техническая структуры ЦУП. Основными структурными элементами ЦУП являются секторы управления, группы управления, программно-технические комплексы и научно-технические подразделения. Сектор управления обеспечивается всеми типами информации и оснащается комплексом программно-технических средств, предназначенных для управления КА. Группы управления выполняют определенные функции и делятся на специализированные (для каждого класса КА) и общефункциональные группы (для всех классов КА).

Типовой состав специализированных и общефункциональных групп ЦУП, включая группы медицинского, материально-технического и бытового обеспечения, представлен на рис. 13.1.

Группы управления объединяются в главную оперативную группу управления (ГОГУ). Персонал ГОГУ размещается в секторах управления. В состав ГОГУ входят представители ведущих ракетно-космических организаций. Среди Центров управления полетами особое место занимает ЦУП ЦНИИмаш, из которого осуществляется управление пилотируемыми и автоматическими КА. В ЦУП ЦНИИмаш часть общефункциональных групп, технические комплексы и научно-технические подразделения объединены в службы. Специалисты научно-технических подразделений выполняют проектные работы по развитию ЦУП, разрабатывают специальное программно-математическое обеспечение для ИВК ЦУП, методические материалы по обеспечению управ-

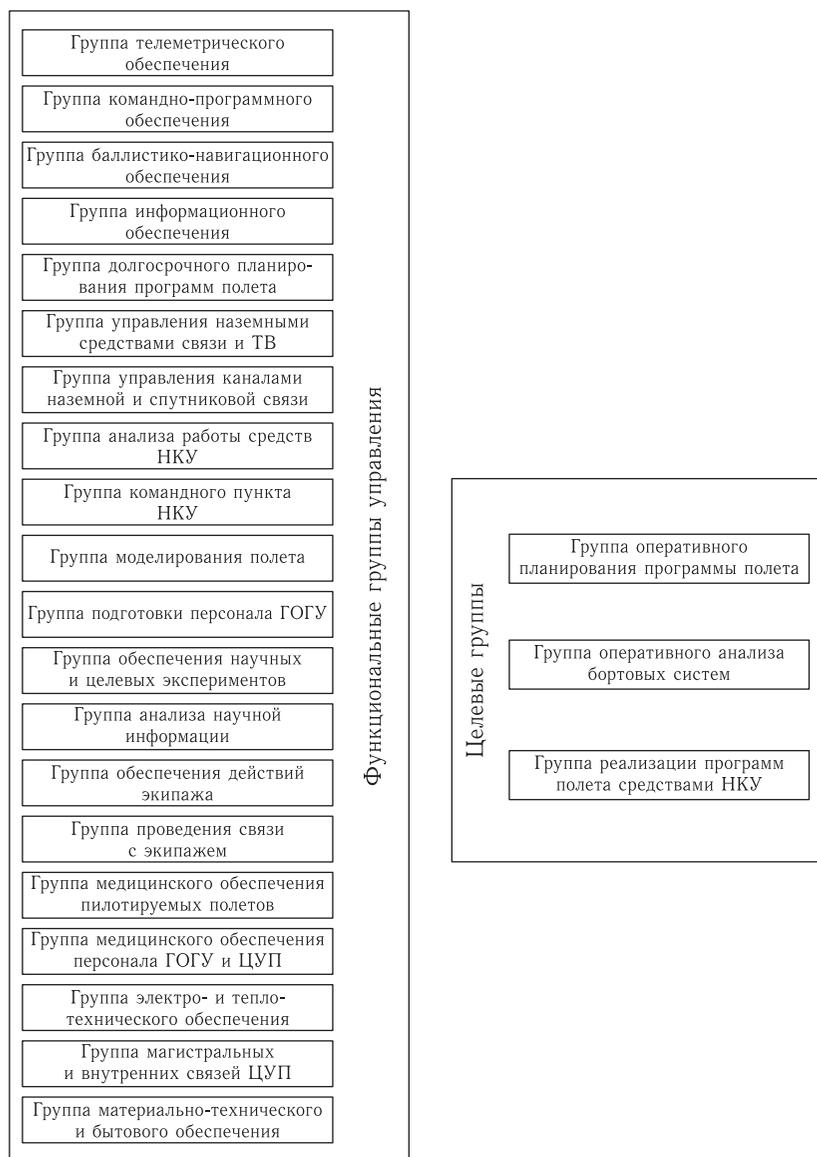


Рис. 13.1. Состав оперативных групп ЦУП

ления полетами, занимаются развитием технической базы, проектированием, модернизацией программно-технических средств ЦУП. При управлении полетами КА используются программно-технические средства: баллистического, командного, телеметрического ИВК, комплексов

индивидуальных и коллективных средств отображения, ИВК моделирования и информационного обеспечения полетов, комплекса внешних информационных обменов, комплекса связи ЦУП.

При проектировании ЦУП закладываются следующие основные принципы:

- многообъектовое управление с расчетом на одновременное обеспечение ресурсоемких программ и нескольких КА НСЭН;
- единоначалие в процессе принятия оперативных решений при проведении оперативных работ;
- создание типовых секторов управления на базе главных залов (для объектов повышенной сложности) и малых залов (для объектов средней сложности);
- максимальное использование унифицированных технических средств и рабочих мест для решения задач управления и специальных задач;
- наличие в составе каждой службы ЦУП программно-технических средств и специалистов, позволяющих самостоятельно выполнить возложенные на службу задачи;
- выделение в корпусах ЦУП специальных зон для размещения технических средств и персонала секторов управления, групп международного сотрудничества, средств массовой информации, Государственной комиссии по пуску КА с целью соблюдения режимных требований и обеспечения технологии работ;
- обеспечение пропускной способности средств приема и передачи данных, производительности вычислительных систем в ЦУП, позволяющих осуществлять прием–передачу и обработку всей информации, поступающей от российских и зарубежных средств НКУ при выполнении динамических операций на космических объектах, управляемых из ЦУП;
- наличие открытой архитектуры программных и технических средств, позволяющей обеспечивать наращивание, модернизацию или полную замену средств без прерывания и снижения надежности процесса управления;
- использование международных стандартов в технических и программных интерфейсах ЦУП, позволяющих обеспечивать интеграцию средств ЦУП в международные вычислительные сети;
- обеспечение резервированного выхода на узлы Минсвязи и Минобороны, а также на зарубежные Центры управления полетами.

13.3. Задачи, возлагаемые на Центр управления полетами

Основными задачами, которые решают бортовые комплексы управления КА, являются:

- выполнение целевых установок КА;
- управление работой служебной и целевой бортовой аппаратурой;
- поддержание заданной ориентации и управления движением КА;
- проведение коррекции орбиты;
- снабжение энергетическими ресурсами бортовых потребителей;
- создание и поддержание климатических условий для функционирования бортовой аппаратуры;
- создание условий для жизнедеятельности экипажа;
- обеспечение сближения и стыковки КА с космической станцией;
- обеспечение спуска экипажей и исследовательской аппаратуры на Землю и другие планеты.

Для обеспечения связи КА с ЦУП в состав БКУ входит бортовой радиокomплекс (БРК), который предназначен для обмена с ЦУП следующими основными видами информации:

- траекторная информация для определения орбит и траекторий полета;
- командно-программная информация для передачи команд, программ, уставок, квитанций;
- телеметрическая информация для контроля состояния и функционирования бортовых систем и научных приборов, медицинских параметров, характеризующих состояние здоровья членов экипажа;
- научная информация, поступающая во время проведения научных экспериментов;
- телевизионная информация;
- голосовая информация и электронные сообщения для общения с экипажем.

Двусторонний обмен информацией КА с ЦУП осуществляется через средства наземного комплекса управления, которые решают основные задачи:

- прием, регистрация и передача в ЦУП всех видов информации, поступающей с КА;
- прием и ретрансляция на борт КА всех видов информации, поступающей из ЦУП;
- обеспечение взаимодействия средств НКУ со средствами внешних организаций, привлекаемых к управлению КА.

Для достижения целей, поставленных при проектировании и запуске КА, ЦУП должен решать следующие основные задачи:

- планирование работы бортового и наземного комплексов управления, системы сбора и передачи данных для обмена информацией между станциями слежения НКУ и ЦУП;
- прием, регистрация и обработка всех видов информации, передаваемой по каналам КА–ЦУП;
- представление результатов обработки всех видов информации на индивидуальных средствах отображения персонала управления и на коллективных средствах в залах управления в режиме, близком к реальному времени;
- обеспечение персонала управления техническими и программными средствами, позволяющими принимать необходимые решения за заданное технологическим циклом управления время;
- формирование и передача через средства НКУ на борт КА управляющих воздействий за заданное технологическим циклом управления время;
- обеспечение информационного взаимодействия всех участников процесса управления полетом, находящихся в ЦУП, НКУ, привлекаемых организациях и за рубежом;
- обеспечение условий работы персонала управления (помещения, рабочие места, бытовые условия), работы пунктов питания и оперативного медицинского обслуживания;
- обеспечение работы средств массовой информации во время проведения пресс-конференций в ЦУП при выполнении значимых операций на борту КА, а также постоянное информирование на веб-сайте и портале ЦУП о ходе выполнения программы полета;
- обеспечение регулярной выдачи согласованного объема информации о полете КА в Федеральное космическое агентство.

ЦУП выполняет функции обработки информации, ее анализа и принятия решений по управлению КА. Как отмечалось, к основным видам информации, передаваемой с КА, относятся: траекторная, командно-программная, телеметрическая, научная, телевизионная и голосовая. Для работы с каждым видом информации используются специальные методы и алгоритмы ее обработки. Поэтому логично формировать организационную и техническую структуры ЦУП для работы с этими основными видами информации.

При обработке различных видов информации и обеспечении обмена информацией между ее потребителями требуется выполнить работы по следующим направлениям.

- Баллистико-навигационное обеспечение полетов:
 - прием, обработка и анализ траекторных измерений;
 - определение параметров орбиты и прогнозирование движения КА на заданный период времени,
 - расчет баллистико-навигационной информации для экипажа,
 - баллистическое обеспечение экспериментов,
 - обмен данными с информационно-вычислительными комплексами командно-программного и телеметрического обеспечения,
 - выдача баллистико-навигационной информации на коллективные и индивидуальные средства отображения,
 - выдача целеуказаний на антенные системы наземных радиотехнических комплексов;
- командно-программное обеспечение полетов:
 - формирование детальных планов полета и планов работ средств наземного комплекса управления,
 - формирование командно-программной информации (КПИ) и передача ее по каналам связи в командно-измерительные системы и непосредственно в бортовой вычислительный комплекс КА,
 - обмен данными с информационно-вычислительными комплексами баллистико-навигационного и телеметрического обеспечения,
 - прием, обработка и выдача на средства отображения и документирования информации обратного контроля реализации КПИ;
- телеметрическое обеспечение полетов:
 - прием, хранение, графическая регистрация и обработка телеметрической информации (ТМИ) в реальном масштабе времени,
 - автоматизированный анализ функционирования бортовых систем на основе результатов обработки ТМИ,
 - выдача результатов обработки ТМИ на коллективные и индивидуальные средства отображения,
 - обмен данными с информационно-вычислительными комплексами командно-программного и баллистического обеспечения,

- доступ потребителям к результатам обработки и анализа ТМИ,
- подготовка и коррекция исходных данных для приема, хранения, графической регистрации, обработки и анализа ТМИ;
- оперативная обработка целевой информации, получаемой с КА при выполнении программы научно-прикладных исследований;
- обеспечение переговоров и информационного обмена персонала управления с экипажем КА;
- обеспечение всеми видами внутренних и внешних связей в соответствии с матрицами связи и схемой связи ЦУП в части циркулярной, командно-программной, телеметрической, баллистико-навигационной, специальной телефонной и телеграфной связи и другими видами связи между ЦУП, пунктами НКУ и внешними организациями;
- подготовка и отображение на коллективных средствах отображения и табло залов управления ЦУП информации о полете КА, работах ЦУП и средств НКУ, комментирование хода полета, отображение на экранах коллективного пользования телевизионной информации, поступающей в ЦУП по внешним каналам связи; обеспечение регистрации и воспроизведения телевизионных сеансов, монтажа телевизионных фильмов, учета и хранения поступающей в ЦУП видеоинформации в период подготовки и проведения оперативных работ;
- информационное обеспечение групп управления, Роскосмоса, консультативных групп и представителей средств массовой информации;
- подготовка и отображение командно-программной, баллистической, телеметрической и справочной информации на индивидуальных (алфавитно-цифровые видеотерминалы, цветные видео-контрольные устройства, рабочие станции, ПЭВМ) средствах отображения в главном и специальных залах управления, в помещениях групп управления и представителей СМИ;
- проведение работы с представителями средств массовой информации, обеспечение их оперативными сведениями о ходе реализации программ полета КА, выпуск справочно-информационных материалов;
- обмен информацией с Роскосмосом и зарубежными космическими агентствами, а также российскими и иностранными пресс-центрами.

Следует отметить, что методы и алгоритмы обработки некоторых видов информации практически не зависят от классов КА. Это относится, например, к методам и алгоритмам фильтрации помех при

обработке телеметрической информации, расчета орбит ИСЗ и другим задачам независимо от принадлежности КА к пилотируемым объектам или КА НСЭН. Поэтому методы, алгоритмы и программное обеспечение обработки информации телеметрического обеспечения, расчета маневров баллистического обеспечения, представления информации на коллективных и индивидуальных средствах отображения могут быть общими для управления разными классами КА. Однако алгоритмы и программное обеспечение анализа работы бортовых систем, планирования операций, выдачи командно-программных воздействий ориентированы на работу с конкретным КА. Отсюда следует, что при управлении из одного ЦУП несколькими классами объектов удельная стоимость разработки алгоритмического и программного обеспечения для одного объекта будет меньше, поскольку часть разработанного программного обеспечения для КА одного класса будет пригодна и для КА другого класса.

13.4. Организационная структура управления полетами российских пилотируемых и автоматических космических аппаратов

Российский Центр управления полетами ЦУП-М является много-объектовым ЦУП, обеспечивающим управление пилотируемыми космическими станциями, автоматическими КА НСЭН и разгонными ракетными блоками. Основная функционально-структурная единица ЦУП-М — сектор управления. Полет РС МКС обеспечивают следующие секторы управления:

- управление орбитальным комплексом из главного зала управления (ГЗУ) и помещений групп поддержки (долгосрочного и оперативного планирования, реализации сеанса связи наземным контуром управления, анализа работы бортовой аппаратуры, операторов связи с экипажем, медицинского обеспечения экипажа и др.);
- управление пилотируемыми и грузовыми транспортными кораблями из специализированного зала управления (СЗУ) и помещений групп поддержки;
- управление модулем ФГБ из СЗУ и помещений групп поддержки;
- управление грузовым кораблем ATV из СЗУ;
- управление целевыми модулями из СЗУ;
- работа с аппаратурой программы научных прикладных исследований из СЗУ и помещения группы анализа НПИ.

Кроме российских секторов управления, в ЦУП-М размещен американский региональный сектор управления.

Полет автоматических объектов КА НСЭН и разгонных блоков обеспечивают следующие секторы управления:

- управление на динамических участках работы объектов программ НСЭН из ГЗУ;
- управление полетом КА «Ресурс ДК-1» из СЗУ и помещений групп поддержки;
- управление полетом КА «Ресурс-П», «Бион», «Фотон» из СЗУ и помещений групп поддержки;
- управление полетом КА «Канопус-В» из СЗУ и помещений групп поддержки;
- управление полетом КА «Электро-Л» (состав орбитальной группировки до трех КА) из СЗУ и помещений групп поддержки;
- управление полетом ГКА «Луч» по программе многофункциональной космической системы ретрансляции (МКСР) «Луч-М»;
- управление полетом разгонного блока РБ ДМ-SL из СЗУ и помещений групп поддержки.

Состав секторов управления ЦУП-М представлен на рис. 13.2. Все секторы оснащены необходимыми программно-техническими средствами.

Отличительной особенностью организационной структуры российского ЦУП-М является объединение специалистов ЦУП-М, обеспечивающих оперативные работы, в службы, выполняющие строго определенные функции. Службы состоят из групп. Количество служб не зависит от числа объектов управления. Каждая служба имеет свой комплекс технических средств. Службы и комплексы технических средств размещаются в специальных помещениях ЦУП-М. Вычислительные средства служб объединены в сегменты ЛВС, которые, в свою очередь, объединены в общую ЛВС ЦУП-М. Служба сетевого обеспечения имеет сегмент для выхода во внешние сети, включая международные. Этот сегмент имеет специальные средства защиты от несанкционированного доступа. Возглавляет и координирует работу служб командный пункт Центра (КПЦ).

Следует отметить особенность состава главных оперативных групп управления в российском ЦУП-М. В российском Центре управления полетами ГОГУ является межведомственным образованием, в которое входят представители организаций, подчиняющихся различным ведомствам: Федеральному космическому агентству (ФГУП ЦНИИмаш, РКК «Энергия», ЦПК и др.), Министерству обороны (представители НКУ), Российской академии наук (медицинское обеспечение полета экипажей, проведение научных экспериментов), Минприроды и др. Но все сотрудники ГОГУ находятся в оперативном подчинении руководителя полета и в соответствии с принципом единоначалия выполняют все его распоряжения.

В структуре ЦУП-М существуют отличия в составах ГОГУ РС МКС и КА НСЭН. Руководящий состав и основу ГОГУ РС МКС

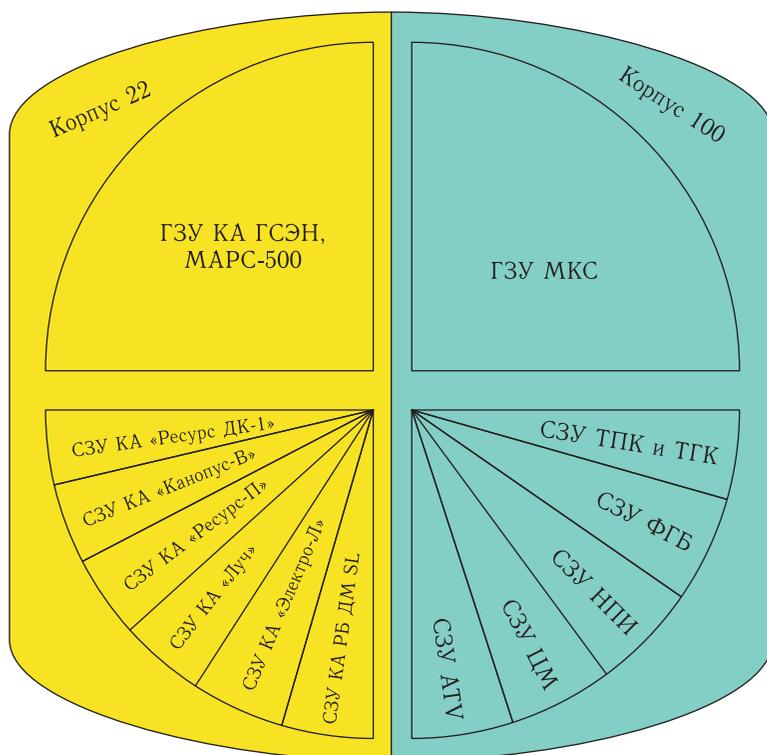


Рис. 13.2. Состав секторов управления ЦУП-М

составляют специалисты РКК «Энергия», а ГОГУ КА НСЭН — специалисты ФГУП ЦУП ЦНИИмаш. В зарубежных Центрах ГОГУ формируется из специалистов этих Центров.

13.5. Международное сотрудничество при управлении КА

Следует отметить интеграцию Центров управления полетами: ЦУП-М (г. Королев, Московская обл., Россия), ЦУП-Х (г. Хьюстон, США), ЦУП-ATV (г. Тулуза, Франция), ЦУП COL-СС (г. Оберпфaffenхофен, Германия) при обеспечении управления МКС. Так, для обеспечения управления кораблей ATV были задействованы все четыре Центра (рис. 16.3). Без американского космического сегмента невозможно проведение двухсторонних пресс-конференций с российским экипажем с использованием телевидения, поскольку на российском сегменте отсутствует соответствующая приемо-передающая аппаратура. Поэтому приходится пользоваться средствами американского

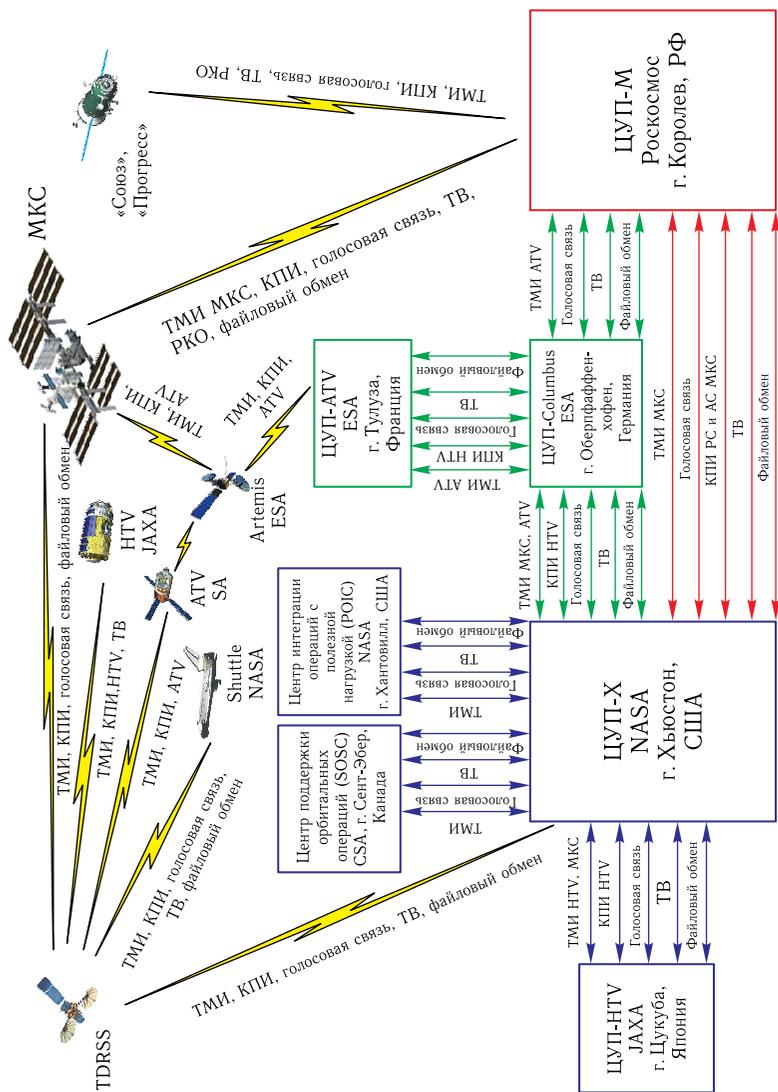


Рис. 13.3. Схема взаимодействия Центров управления полетами при обеспечении управления МКС

бортового сегмента, спутниковой системой ретрансляции TDRSS и каналом связи ЦУП-Х – ЦУП-М. При управлении японскими грузовыми кораблями НТВ, стыковка которых осуществляется к американскому сегменту МКС, задействуются японский Центр управления полетами ЦУП-НТВ и американский ЦУП-Х.

В ЦУП-М, ЦУП-Х и ЦУП-ATV размещены региональные группы управления зарубежных партнеров, которые координируют совместную работу специалистов этих Центров и в случае непредвиденных обстоятельств могут взять на себя управление своим национальным сегментом МКС. Американская сторона воспользовалась этим уже дважды в связи с чрезвычайными погодными условиями в Хьюстоне.

Глава 14

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С УЧАСТИЕМ КОСМОНАВТОВ

14.1. Роль НИИ, КБ и предприятий ракетно-космической отрасли в развитии пилотируемой космонавтики

После принятия 13 мая 1946 г. Советом Министров СССР постановления № 1017-419, положившего начало созданию и развитию нового среди промышленных отраслей страны направления — ракетной техники, под руководством Специального комитета при Совете Министров СССР, получившего позднее наименование Спецкомитет № 2, стали формироваться основные управленческие, научно-исследовательские и производственные структуры для разработки, промышленного изготовления и эксплуатации новых образцов ракетного вооружения.

Первоначально задачи создания образцов ракетной техники решались предприятиями и организациями, принадлежавшими к различным ведомствам. Головным министерством по разработке и производству реактивных снарядов с жидкостными двигателями было определено Министерство вооружений под руководством Д. Ф. Устинова. Образованное в нем 7-е Главное управление во главе с С. И. Ветошкиным обеспечило в числе первых своих организационных мероприятий создание в подмосковном Калининграде на базе артиллерийского завода № 88 головного Государственного научно-исследовательского института реактивного вооружения Министерства вооружения СССР — НИИ-88 (с 1967 г. — ЦНИИмаш). Приказом Д. Ф. Устинова № 246 от 26 августа 1946 г. утверждается структура НИИ-88, включающая научно-исследовательскую часть с лабораториями, специальное конструкторское бюро (СКБ-88), опытный завод № 88 и испытательную станцию.

Следует отметить, что ко времени создания НИИ-88 в цехах артиллерийского завода уже велись работы по изучению трофейной немецкой ракетной техники, сбор, систематизация и восстановление технической документации ее образцов.

В том же 1946 г. в развитие работ по ракетной тематике были образованы отдельные управления реактивного вооружения в составе

Главного артиллерийского управления (ГАУ) и Управления военно-морских сил в Министерстве Вооруженных сил СССР, созданы Научно-исследовательский реактивный институт № 4 ГАУ в поселке Болшево Московской области и Государственный центральный полигон (ГЦП) реактивной техники, развернутый в Капустином Яре под Астраханью.

Кроме этих двух основных ведомств, в разработке и создании наземного и летного оборудования по ракетной тематике были задействованы Министерства электропромышленности (приборы автономной системы управления — М. С. Рязанский, Н. А. Пилугин), судостроения (гироскопы управляемых ракет — В. И. Кузнецов) и авиационной промышленности (ЖРД для БРДД — В. П. Глушко), машиностроения и приборостроения (стартовое оборудование — В. П. Бармин), химической промышленности (жидкие топлива, пластмассовые и резинотехнические изделия) и сельскохозяйственного машиностроения (взрывчатые вещества и пиротехнические составы для головных боевых частей ракет).

В общей ведомственной структуре ракетного направления Министерство вооруженных сил СССР выполняло роль заказчика всех видов ракетного вооружения и занималось его войсковой эксплуатацией.

На руководящие должности в НИИ-88 были поставлены специалисты, внесшие наибольший практический вклад в развитие ракетной техники еще в довоенные годы — Ю. А. Победоносцев (главный инженер), С. П. Королев — главный конструктор БРДД (отдел 3), другие отделы СКБ возглавили Е. В. Синильщиков (дальние зенитные управляемые ракетные снаряды), С. Е. Рашков (зенитные управляемые ракетные снаряды среднего радиуса действия), П. И. Костин (зенитные неуправляемые ракетные снаряды), Н. Л. Уманский (двигатели зенитных управляемых ракет и ракетные топлива).

Практически непосредственно после образования НИИ-88 началось формирование его научно-исследовательских подразделений: материаловедения, топлив, прочности, систем управления, аэродинамики, технической информации, измерительной техники и летных испытаний.

По совместному приказу МВ и МАП СССР от 24 мая 1948 г. в НИИ-88 влился коллектив ОКБ-2 НИИ-1 МАП, возглавлявшийся А. М. Исаевым. Преобразованный в отдел 9 СКБ-88 он, располагая опытом разработки авиационных ЖРД, был переориентирован на создание двигательных установок для ракет и космических аппаратов.

Этапным для развития отечественной ракетной, а в дальнейшем и космической промышленности стал 1950 г., когда распоряжением Совета Министров СССР от 26 апреля на базе отдела 3 и ряда других подразделений СКБ НИИ-88 было образовано Особое конструкторское бюро № 1 (ОКБ-1 НИИ-88) под руководством главного конструктора С. П. Королева. Тем самым создание баллистических

ракет для доставки специальных боевых зарядов на дальние расстояния получило в силу своей особой важности для обороны страны приоритетный характер.

В 1952 г. решением советского правительства в НИИ-88 на базе отдела 9 создается ОКБ-2 под руководством А. М. Исаева по разработке ЖРД для зенитных управляемых ракет и БР морского базирования, а на основе отделов 6 и 18 образуется ОКБ-3 под руководством главного конструктора Д. Д. Севрука по разработке перспективных ЖРД для РДД на высококипящих компонентах.

Период 1950–1953 гг. отмечен для развития ракетной промышленности страны многими организационными решениями правительства и оборонного отдела ЦК ВКП(б), связанными с формированием новых исследовательских и производственных коллективов, назначением и периодической сменой ответственных руководителей отдельных направлений. Все это свидетельствовало о постоянном и все усиливающемся внимании со стороны руководящих органов государства к окончательному оформлению ракетной отрасли и рациональной расстановке в ней управленческих кадров.

В целом в рассматриваемом историческом периоде следует выделить появление двух специализированных организаций, оказавших в силу решавшихся ими организационных, научно-исследовательских и производственных задач наибольшее влияние на первоначальное формирование структуры отечественной ракетной отрасли и определивших ее преобразование в дальнейшем в ракетно-космическую — это НИИ-88 и ОКБ-1.

Усиление роли ОКБ-1 в качестве головной самостоятельной организации министерства со своими специальными задачами в создании БРДД привело в 1956 г. к его выделению вместе с опытным заводом из состава НИИ-88. Директором и главным конструктором ОКБ-1 МОП был назначен С. П. Королев.

В дальнейшем по мере формирования новых технических направлений и расширения в них круга специальных задач из НИИ-88 выделяются в самостоятельные организации: филиал № 2 НИИ-88 (ныне ФГУП «НИИхиммаш») в 1956 г., филиал № 1 НИИ-88 (позднее ФГУП «Звезда») — в 1958 г., ОКБ-2 (ныне ФГУП «КБ Химмаш им. А. М. Исаева») — в 1959 г., НИИ ИТ (ныне ФГУП «НПО измерительной техники») — в 1966 г., Спецмонтажтрест (ныне «Стройинвест») — в 1968 г., Организация «Агат» — в 1972 г., ЦНИИМВ (ныне ОАО «Композит») — в 1975 г.

НИИ-88, освобождаясь при этом от специальных проектно-конструкторских изысканий и чисто производственных задач, сохраняя, а в дальнейшем и успешно преумножал свои функции как ведущего

отраслевого научного центра с широкой тематикой на дальнюю перспективу.

Совместными целенаправленными усилиями руководящих государственных и партийных органов страны, сформированных за прошедшее десятилетие научных и производственных коллективов, военных специалистов Министерства вооруженных сил и ученых Академии наук к 1960 г. в отечественной промышленности была создана полноценная кооперация НИИ, КБ и заводов, позволившая перейти после запуска первых автоматических космических аппаратов к решению новых, более сложных задач по освоению космического пространства, включая пилотируемые космические полеты.

22 мая 1959 г. решением Совета Министров СССР была утверждена программа разработки пилотируемого комплекса «Восток» и определена кооперация исполнителей по этому проекту. В соответствии с этим решением были намечены меры по созданию космического корабля для орбитального полета человека и обеспечивающей такой запуск мощной трехступенчатой ракеты-носителя.

В числе вопросов, связанных с первым пилотируемым космическим полетом неизбежно возник и вопрос подготовки пилотов космического корабля. Специальным постановлением ЦК КПСС и Совета Министров от 5 января 1959 г. были определены меры по организации медико-биологической подготовки человека для полета в космос. Вслед за этим решением в январе 1960 г. в структуре Министерства обороны СССР был образован Центр подготовки космонавтов (ЦПК). Совместно с ЦПК программой подготовки будущих космонавтов занимались Государственный научно-исследовательский испытательный институт авиационной и космической медицины (руководитель работ В. И. Яздовский), институты АН СССР (руководитель академик В. В. Парин), несколько позже подключился Институт медико-биологических проблем Минздрава СССР (руководитель О. Г. Газенко). ЦПК и институты оснащались необходимым оборудованием и тренажерами, натурными макетами космических кораблей и опытными стендами. В системе ВВС Минобороны СССР отрабатывались парашютные системы и системы катапультирования, готовились космические скафандры и системы жизнеобеспечения космонавтов. Многие из этих изделий изготавливались на предприятиях Минавиапрома.

Первая программа организации работ по созданию беспилотных и пилотируемых средств для полета в космосе с указанием перспективных направлений их использования в ближайшие несколько лет была подготовлена и утверждена совместным постановлением ЦК КПСС и СМ СССР 23 июня 1960 г. Причиной утверждения такого плана на высшем партийно-правительственном уровне явилась необходимость обеспечения качественного повышения уровня всех работ

по исследованию и освоению космического пространства в кратчайшие сроки, диктуемые сложившейся общей политической ситуацией и, в частности, интересами обеспечения и сохранения на длительный период приоритетов в космической гонке как в гражданской, так и в военной сфере. В постановлении были впервые заявлены интересы партии и государства в осуществлении амбициозных программ космических беспилотных и пилотируемых полетов к Луне, Марсу и Венере. В этом документе были установлены сроки разработки и создания при использовании ракеты-носителя Р-7 «... ориентированного корабля-спутника (объект «Восток») для полета вокруг Земли и спуска: ... б) в пилотируемом варианте в 1960–1961 гг. ...». Для программы было характерным, что она представляла в равновеликом значении развитие всех ее составляющих — научной, народнохозяйственной и оборонной части. При всем этом превалировала направленность использования космоса в мирных целях.

Общее руководство выполнением программы и внесением необходимых изменений в нее поручалось Комиссии Президиума Совмина СССР по военно-промышленным вопросам (ВПК). В деле организации создания и эксплуатации космической техники, в том числе и по пилотируемым программам, с нею тесно взаимодействовали Государственный комитет Совмина СССР по оборонной технике (ГКОТ) и Министерство обороны СССР. В соответствии с установленным тогда порядком право подготовки предложений по ракетной и космической тематике для представления в ЦК КПСС на утверждение было дано, кроме этих органов, еще госкомитетам Совмина по радиоэлектронике, авиационной технике, автоматизации и машиностроению, Академии наук СССР и Совету Министров РСФСР.

В начале 1960-х гг. ГКОТ Совмина под руководством Л. В. Смирнова сосредоточил у себя работу по руководству исполнением планов развития РКТ в СССР. Его первым заместителем стал Г. А. Тюлин, с 1959 г. возглавлявший НИИ-88. Во время его руководства институтом началось преобразование НИИ-88 из головного центра по созданию баллистических ракет в головной центр всей ракетно-космической промышленности страны. В институте активно развивались направления измерительной техники, материаловедения, организационно-экономического развития отрасли, исследования перспектив развития РКТ. Еще большее значение эти направления обрели при новом директоре института Ю. А. Мозжорине. Традиционные же для института теоретические и экспериментальные исследования в обеспечение ОКР продолжали оставаться в зоне пристального внимания директора НИИ. Характерной особенностью НИИ-88, все более утверждавшей его в правах головного подразделения отрасли, стали назначенные ему

функции проведения экспертизы проектных разработок и результатов предполетной отработки ракет и космических аппаратов.

С октября 1963 г. по решению ВПК Президиума Совмина СССР вычислительный центр (ВЦ) НИИ-88 наряду с баллистическим центром НИИ-4 МО (в дальнейшем БЦ ЦНИИКС МО) и специалистами отделения прикладной математики Математического института им. В. А. Стеклова Академии наук СССР привлекается к обработке и анализу измерительной информации с наземных измерительных пунктов (НИП) и ракетных полигонов. Таким образом было положено начало развитию в НИИ-88 работ по управлению полетом автоматических и пилотируемых космических аппаратов (КА). Работы по этому направлению привели к созданию в 1965 г. на базе НИИ-88 Координационно-вычислительного центра (КВЦ), ставшего с 1973 г. широко известным под наименованием советский Центр управления полетами (ЦУП). ЦУП была отведена роль центрального звена наземного комплекса управления полетами космических аппаратов, местом размещения оперативных групп управления, обеспечивающим полную обработку поступающей с бортов КА телеметрической информации, центром информирования руководства и общественности о выполнении программ полетов автоматических КА на околоземных и межпланетных орбитах и экипажей орбитальных космических комплексов.

После полетов одноместных кораблей «Восток» пилотируемая программа в 1964–1965 гг. обрела усложненный характер за счет использования многоместных кораблей. Был совершен первый выход в открытый космос, разработан проект пилотируемого облета Луны, получивший наименование «Союз». Проект не был реализован в связи с переключением конструкторских и промышленных сил на работы по программе Н-1, однако созданный в рамках программы «Союз» технический задел был использован в последующие годы при создании нового поколения пилотируемых кораблей.

Число организаций-соисполнителей по пилотируемой тематике с середины 1960-х гг. в связи с расширением задач по изучению околоземного пространства значительно увеличилось. Все более расширялся круг технических средств, используемых на КА, появилась возможность их специализации для исследования околоземного пространства; применяемая на КА исследовательская аппаратура и системы, обеспечивающие полет, все более усложнялись и требовали конструкторской проработки коллективами различных министерств и ведомств.

ОКБ-1 ГКОТ (с 1965 г. ЦКБ экспериментального машиностроения — ЦКБЭМ) прирастал филиалами в городах Красноярск-26 (филиал № 2, в дальнейшем самостоятельное ОКБ-10 М. Ф. Решетнева), Куйбышеве (филиал № 3, в дальнейшем ЦСКБ Д. И. Козлова). В развитии пилотируемого направления, связанного с созданием орбитальных

комплексов, большую роль сыграл оформившийся в 1960 г. коллектив ОКБ-52. Начав с разработки под руководством генерального конструктора В. Н. Челомея стратегических ракет серии УР и на их базе тяжелых космических ракет-носителей ОКБ-52, преобразованное в середине 1960-х гг. в Машиностроительный завод им. М. В. Хруничева, предприятие переключилось на космическую тематику и стало головным по созданию космических тяжелых ракет-носителей, КА и орбитальных станций.

Всесоюзный научно-исследовательский институт электромеханики (ВНИИЭМ, ранее НИИ-627, директор и генеральный конструктор А. Г. Иосифьян) стал основным по разработке бортового электрооборудования для КА.

В число головных в соответствии с их специализацией входили также ОКБ-2 ГКОТ (с 1967 г. КБХМ А. М. Исаева) и ОКБ-456 ГКОТ (с 1965 г. КБ «Энергомаш» В. П. Глушко) по созданию ЖРД, НИИ-885 ГKRЭ (НПО космического приборостроения, М. С. Рязанский) и НИИ АП ГKRЭ (с 1969 г. НПО АП Н. А. Пилюгина) по радиотехническим и автономным системам управления, НИИ-648 (НПО точных приборов) по командным радиолиниям и радиосистемам сближения КА, НИИ-944 ГКС (В. И. Кузнецов) по гироскопическим приборам, ГСКБ «Спецмаш» (В. П. Бармин) по стартовым комплексам и наземному оборудованию.

На каждую из этих головных организаций в свою очередь работала своя кооперация. Общее руководство ею осуществлял генеральный (главный) конструктор ведущей по данному направлению организации. Но основу такой кооперации в подавляющем большинстве случаев составляли отраслевые министерства — в радиоэлектронной, электротехнической, приборной, оптической, машиностроительной, металлургической, химической промышленности и т. д.

Для сравнения следовало бы упомянуть атомную промышленность, замыкавшуюся на единое Министерство среднего машиностроения (МСМ). Практически все его головные КБ, НИИ и заводы находились в закрытых городах. По своей интеллектуальной и технологической мощи МСМ превосходило другие отраслевые министерства военно-промышленного комплекса страны.

Общим же фундаментом для реализации планов и программ оборонных отраслей служило Министерство обороны. Министерство обороны финансировало, строило, оснащало ракетно-космические полигоны Капустин Яр, Байконур, Плесецк, морские полигоны, создало универсальный командно-измерительный комплекс (КИК), в том числе свои центры управления и баллистические центры. Только для выведения в космос в системе МО находилось в общей сложности более 20 стартовых позиций. Основы КИКа составляли наземные

измерительные пункты (НИПы), объединенные единым командованием, системой единого времени, едиными системами управления, связи, передачи и обработки информации.

С началом работ в ОКБ-1 по созданию возвращаемых с орбиты КА в ОКБ-2 приступили к разработке тормозных двигательных установок (ТДУ) для них. Первая ТДУ-1 устанавливалась на пилотируемых кораблях «Восток» и «Восход». С ТДУ-1 началась серия двигательных установок для обеспечения маневрирования КА на орбите вокруг Земли и при межпланетных полетах. В том же КБХМ была разработана двигательная установка КТДУ-35 многократного включения, обеспечивавшая коррекцию орбиты, сближение и стыковку космических кораблей «Союз», а также торможение кораблей при посадке на Землю. Несомненным достижением коллектива КБХМ стала разработка в рамках программы подготовки пилотируемого полета к Луне первого отечественного кислородно-водородного двигателя с турбонасосной системой подачи компонентов топлива. Впервые испытан он был в январе 1966 г.

КБ Химавтоматики — КБХА (до 1965 г. ОКБ-154 ГКАТ) было занято созданием двигателей для третьей ступени ракеты-носителя «Восток», второй и третьей ступеней «Протона» и двигательных установок для космической станции «Алмаз». В 1960-е гг. КБХА сделало для ракет-носителей и космических аппаратов около 40 двигателей и их модификаций.

Головные предприятия для выполнения порученных им заданий привлекали многочисленные предприятия-смежники, размещенные по всей стране, причем во многих случаях, получая заказ на выполнение, их коллективы даже не подозревали, что работают на космос. Подготовкой решений о подключении промышленных предприятий к выполнению правительственных заданий по космосу и координацией их работы занимался ГКОТ. Он же разрабатывал руководящие документы и взаимодействовал со службами Министерства обороны.

В связи с большим числом аварийных пусков различных изделий ЦК и Совмин приняли 16 февраля 1961 г. совместное постановление о мерах по повышению качества и надежности разрабатываемой техники. В поддержку этих мероприятий в 1963 г. в НИИ-88 стала функционировать служба надежности, которой были поручены анализ аварийных ситуаций со специальными изделиями, разработка предложений по усилению надежности эксплуатации космических средств. В короткое время НИИ-88 выпустил столь необходимое космической промышленности «Положение о порядке создания и серийного производства комплексов», дополненное более 300 методических и нормативных документов. Положение выполняло роль межотраслевого руководящего документа. С течением времени и изменением ситуации

в промышленности оно совершенствовалось, но неизменно оказывало положительное влияние на процессы отработки и подготовки изделий к эксплуатации.

Первоначально направления работ по космическим комплексам научного, оборонного и народно-хозяйственного назначения определялись НИИ-88 и ОКБ-1 совместно с НИИ-4 МО. По приказу председателя ГКОТ от 28 мая 1962 г. НИИ-88 была отведена головная роль по исследованию и обоснованию перспектив развития космической техники.

В ходе проведенной в 1965 г. реорганизации управленческой системы страны вновь появились промышленные министерства, образованные по отраслевому принципу. К этому времени назрела и необходимость создания специализированного министерства по ракетно-космической технике, которое позволило усилить централизацию руководства промышленностью, устранить намечавшийся разрыв между наукой и производством, создать оптимальные условия для выполнения программ развития ракетно-космической техники. С созданием на базе Государственного комитета по оборонной технике Министерства общего машиностроения СССР космическая отрасль получила свое дальнейшее развитие, укрепились конструкторская и производственная базы в имевшихся космических центрах, образовались новые КБ и НИИ. С этого момента космическая промышленность оформилась фактически как самостоятельная отрасль со своим руководящим и координирующим звеном во главе.

Изначально научно-исследовательская и экспериментальная работа в области РКТ проводилась усилиями коллективов НИИ-1 (с 1965 г. НИИ тепловых процессов или НИИТП) и НИИ-88 (ЦНИИмаш). И если ЦНИИмаш, оставаясь главным идеологическим центром ракетно-космической промышленности, продолжал, используя свою активно развивающуюся экспериментальную базу, вести широким фронтом теоретические и экспериментальные исследования в обеспечение опытно-конструкторских разработок, то НИИТП специализировался на научном обеспечении разработки ЖРД, т.е. был головным НИИ ракетного двигателестроения. В НИИТП были разработаны методы расчета теплообмена и теплозащиты спускаемых КА и принцип управляемого спуска КА с малым аэродинамическим качеством в атмосфере ($K = 0,3-0,4$), впервые примененный на пилотируемых кораблях «Союз».

Полет пилотируемых космических кораблей и выводящих их на орбиту ракет был бы невозможен без наземной отработки их систем. Значительную часть этой работы выполнял НИИхиммаш (ранее НИИ-229 и Филиал 2 НИИ-88, ныне ФГУП «НИИхиммаш»). В НИИхиммаш планомерно с 1967 г. закладывалась экспериментальная база для

огневых испытаний ЖРД ракет-носителей, малых двигателей управления полетом КА, тепловакуумных испытаний натуральных образцов КА, проводились работы по оценке качества и достаточности стендовой отработки изделий. НИИхиммаш стал головным в деле поддержания научно-технического потенциала и работоспособности экспериментальной базы ракетно-космической отрасли, а также проведения испытаний при создании наземных объектов космической инфраструктуры.

Испытательной базой всех КБ наземного оборудования является Научно-испытательный институт химических и строительных машин — НИИХСМ (с 1960 г. — Научно-исследовательский полигон наземного оборудования).

Деятельность двух этих центров позволила существенно повысить качество подготовки новых образцов РКТ к началу летных испытаний, уменьшить в ходе этих испытаний число отказов техники и увеличить темпы опытно-конструкторских работ по новым космическим носителям и КА.

Ниже перечислены организации, предприятия и центры, внесшие наибольший вклад в развитие отечественной программы пилотируемых космических полетов.

ФГУП ЦНИИ машиностроения (до 1967 г. НИИ-88) — ведущая научная организация России в области создания ракетно-космической техники, головной институт Федерального космического агентства. Институт образован согласно постановлению Совета Министров СССР от 13.05.1946 г. в качестве головного научно-производственного центра по разработке ракет дальнего действия, зенитных и крылатых ракет, а также жидкостных ракетных двигателей.

С деятельности института началось становление отечественной ракетно-космической промышленности, в нем зародились и окрепли коллективы разработчиков и создателей новой техники, оформившиеся впоследствии в самостоятельные организации, положившие начало крупным направлениям в развитии отечественной РКТ — РКК «Энергия» им. С.П. Королева, НИИхиммаш, КБ химмаш им. А. М. Исаева, Организация «Агат», НПО измерительной техники и др.

Институтом в период 1960–1970 гг. были заложены основы программно-целевого планирования создания ракетной и ракетно-космической техники. С тех пор все плановые документы СССР и России в этой области, включая все проекты Федеральных космических программ России, разрабатывались и разрабатываются при головной роли ЦНИИмаш.

К разряду базовых функций института входят изучение и обоснование перспектив развития РКТ, научная и экспериментальная деятельность в области аэрогазодинамики, теплообмена, прочности, надежности и динамики полета ракет и КА, обеспечение практического управ-

ления полетом космических кораблей, станций, автоматических КА, межпланетных исследовательских аппаратов, обеспечение качества, надежности и безопасности изделий отрасли, стандартизация, унификация и сертификация РКТ; получили развитие работы по научно-техническому и информационно-аналитическому сопровождению отечественных разработок Глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС).

ЦНИИмаш в настоящее время — крупнейший научно-исследовательский и испытательный центр страны, участвующий во всех отечественных разработках в области РКТ, в реализации российских и международных космических программ и проектов.

Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация “Энергия” им. С. П. Королева» — ведущее предприятие России по пилотируемым космическим кораблям и комплексам. В числе приоритетных задач — создание новых космических технологий, реализация федеральной программы пилотируемых полетов, создание ракетных систем для выведения космических аппаратов на орбиту.

Современное наименование предприятие получило в 1994 г. До этого было известно как Особое конструкторское бюро-1 (ОКБ-1), Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения (ЦКБЭМ), Научно-производственное объединение (НПО) «Энергия». Конструкторским коллективом предприятия были разработаны 14 комплексов стратегических баллистических ракет различных типов, первая космическая ракета Р-7, которая до настоящего времени остается одной из самых надежных космических ракет в мире.

Предприятие в области пилотируемых полетов возглавляло работы по созданию и эксплуатации:

- космических кораблей «Восток» (1960–1963), «Восход» (1964–1968), «Союз» (1966–1981), «Союз Т» (1979–1986), «Союз ТМ» (1986–2002);
- грузовых кораблей «Прогресс» (1978–1989), «Прогресс М» (с 1989 г.);
- орбитальных станций «Салют» (1971 г.), «Салют-4» (1974–1977), «Салют-6» (1977–1982), «Салют-7» (1982–1991) и многомодульной станции «Мир» (1986–2001).

В настоящее время предприятием осуществляются:

- разработка (с 1993 г.) и эксплуатация (с 1998 г.) российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС), включая координацию работ по нему российских и зарубежных предприятий, участие в создании и эксплуатации функционально-грузового блока «Заря», создание и эксплуатация служебного модуля «Звезда» (2000 г.), стыковочного модуля-отсека «Пирс» (2001 г.);

- изготовление и обеспечение полетов по программе МКС кораблей «Прогресс М», «Прогресс М1», «Союз ТМ» (с 2000 г.), «Союз ТМА» (с 2002 г.), «Союз ТМА-М (с 2010 г.)».

Научно-производственное объединение «Энергомаш» им. академика В. П. Глушко (ОКБ-456) — НПО «Энергомаш» — ведущее российское предприятие по разработке мощных жидкостных двигателей. Свою историю НПО «Энергомаш» ведет с мая 1929 г., когда в Газодинамической лаборатории в Ленинграде была организована группа по разработке ракетных двигателей, которую возглавил молодой выпускник Ленинградского университета В. П. Глушко. Вошедшая в конце 1933 г. в состав Реактивного научно-исследовательского института, группа продолжила свою работу в Москве, а в 1941 г. была реорганизована в опытно-конструкторское бюро в городе Казани. С 1946 г. предприятие расположено в г. Химки Московской области.

В НПО «Энергомаш» разработаны мощные ЖРД на низко- и высококипящих компонентах топлива для первых и вторых ступеней отечественных ракет-носителей и МБР. Практически все отечественные космические объекты выведены в космос с помощью двигателей разработки НПО «Энергомаш», включая: первый искусственный спутник Земли, космические корабли «Восток», орбитальную станцию «Мир», орбитальный корабль «Буран» и модули Российского сегмента Международной космической станции. Отечественная пилотируемая космическая программа продолжается с использованием новых модификаций двигателей разработки НПО «Энергомаш».

ОАО «КБ химавтоматики» (ОАО КБХА) — один из мировых лидеров в создании ЖРД, участник всех отечественных пилотируемых программ освоения космоса. КБХА обеспечивает полный цикл создания ЖРД для ракет оборонного, научного и народнохозяйственного назначения. Наряду с другими проектами по созданию новейших двигателей, КБХА разрабатывает жидкостный ракетный двигатель РД-0124А, который будет использоваться в составе второй и третьей ступеней новейшей российской ракеты-носителя «Ангара» для выведения на орбиту КА тяжелого класса с космодромов России (головной разработчик РН «Ангара» — ГК НПЦ им. М. В. Хруничева).

С 03.08.09 Конструкторское бюро химавтоматики в ведении ГК НПЦ им. М. В. Хруничева.

ФГУП «НПЦ автоматики и приборостроения им. академика Н. А. Пилюгина» (НПЦ АП) — НПЦ АП — головная организация по системам автономного управления.

С 1946 г. НПЦ АП (ранее НИИ АП) специализируется в области бортовых систем наведения, навигации и управления движением ракет и космических аппаратов. НПЦ АП — головной разработчик систем управления ряда российских ракет-носителей, разгонных блоков,

космических аппаратов, зондов дальнего космоса. НПЦ АП — фирма, осуществляющая полный цикл разработки и изготовления системы управления как единого комплекса, включая аппаратуру, программное обеспечение, электрические и точностные испытания.

ФГУП «НИИ машиностроения» (НИИмаш) — создан в 1958 г., до 1981 г. — филиал НИИ тепловых процессов (г. Москва). Разработка и изготовление ЖРД малой тяги (ЖРДМТ) для долговременных пилотируемых орбитальных станций «Салют», «Алмаз», «Мир», модулей дооснащения «Квант», «Кристалл», «Спектр», «Природа», пилотируемых КК «Союз Т», «Союз ТМ», грузовых КК «Прогресс», «Прогресс М» и «Прогресс М1», многоразовой транспортной космической системы «Буран». ЖРДМТ НИИмаш обеспечивают управление орбитальным полетом блоков международной космической станции — функционального грузового блока «Заря», служебного модуля «Звезда».

ФГУП «Научно-производственное объединение измерительной техники» (ФГУП НПО ИТ) — в 1946 г., одновременно с ОКБ-1 С. П. Королева, в составе головного института по ракетно-космической технике НИИ-88 была образована лаборатория датчиков и измерительных систем. Ее основным назначением стало обеспечение измерительными средствами наземной и летной отработки и испытания ракетно-космической техники. В 1966 г. на базе научно-исследовательского отделения НИИ-88 был создан НИИ измерительной техники (НИИ ИТ).

В 1978 г. институт был преобразован в «Научно-производственное объединение измерительной техники» (НПО ИТ).

ФГУП «НПО ИТ» — головное предприятие по телеметрической и датчиковой аппаратуре, микроэлектронике для ракетно-космической техники.

ФГУП «КБ общего машиностроения им. В. П. Бармина» (КБОМ) — ведущее предприятие в области разработки и создания стартовых комплексов.

Конструкторское бюро было образовано 30 июня 1941 г. как Специальное конструкторское бюро (СКБ) при заводе «Компрессор» и определено головным по созданию и внедрению в производство многозарядных пусковых установок залповой стрельбы реактивными снарядами, впоследствии названных «Катюшами».

В мае 1946 г. СКБ преобразовано в государственное Союзное конструкторское бюро специального машиностроения (ГСКБ Спецмаш), с 1967 г. — в КБ общего машиностроения, а в 1999 г. конструкторскому бюро присвоено имя В. П. Бармина.

Основные задачи КБОМ — разработка стартовых комплексов для ракет стратегического назначения и зенитных управляемых ракет, техническое руководство монтажными работами, испытаниями экспериментальных и опытных образцов техники.

За многолетний период работы в области стартостроения КБОМ было разработано, создано и сдано в эксплуатацию более двух десятков стартовых комплексов различного типа, среди них: СК для МБР Р-7 и ее модификаций, СК для РН «Протон», СК для РН Н-1 и другие.

Государственный научно-производственный ракетно-космический центр (ГНП РКЦ) «ЦСКБ-Прогресс» — ведущее предприятие России по созданию РН среднего класса, космических комплексов и систем оборонного, народнохозяйственного, научного и прикладного назначения. С 1996 г. в состав на правах филиалов входят Центральное специализированное конструкторское бюро, созданное на базе филиала № 3 ОКБ-1, и Самарский завод «Прогресс». Центром созданы высоконадежные РН для вывода на орбиту космических аппаратов, пилотируемых и грузовых кораблей, а также ряд комплексов для исследований в области технологий и фотосъемок поверхности Земли.

Основные направления деятельности ГНП РКЦ:

- создание, модернизация, производство и поставка в рамках Федеральной космической программы ракетно-космических комплексов и систем дистанционного зондирования Земли;
- изготовление, испытание, хранение, поставка, техническое обслуживание опытных и серийных КА и РН, технологического оборудования, средств управления и обработки космической информации;
- участие в подготовке к запуску, запуску, эксплуатации и управлению полетом КА и РН;
- создание перспективных комплексов управления и их программно-математического обеспечения для КА дистанционного зондирования Земли, научного и социально-экономического назначения, методов управления КА, автоматизированных систем управления на базе бортовых комплексов управления КА и наземных командно-измерительных систем.

Государственный космический научно-производственный центр им. М. В. Хруничева (ЦКБМ, ОКБ-52, КБ «Салют», завод им. М. В. Хруничева) — с 1993 г. включает в себя ракетно-космический завод (РКЗ) и завод по эксплуатации ракетно-космической техники (ЗЭРКТ), осуществляет полный цикл производства космических средств, начиная с их проектирования (Конструкторское бюро «Салют») и изготовления (Ракетно-космический завод) до организации испытаний и эксплуатации на космодромах (Завод по эксплуатации ракетно-космической техники).

В состав ГК НПЦ входят НИИ космических систем, конструкторское бюро «Арматура», КБ химмаш им. А. М. Исаева, НИИ КС, ПО «Полет», ФГУП «Воронежский механический завод» (ВМЗ), «Хруничев Телеком» и др.

В ГК НПЦ им. М. В. Хруничева разработаны и изготовлены РН «Протон», «Протон-М» и «Рокот», тяжелый транспортный корабль снабжения, орбитальные станции типа «Салют», базовый блок и все модули комплекса «Мир», функционально-грузовой блок «Заря» и служебный модуль «Звезда» для Международной космической станции.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение “Техномаш”» — головная организация по технологическому обеспечению создания изделий РКТ. Предприятие основано в 1938 г. В мае 1946 г. на базе ГСПКИ-40 образован Научно-исследовательский технологический институт № 40 Министерства вооружения (НИТИ-40). Официальной датой включения НИТИ-40 в ракетную тематику следует считать 1946 г., когда в соответствии с Постановлением СМ СССР НИТИ-40 был привлечен к отработке технологии и производству ракеты А-4 (ФАУ-2). С этого момента начинается активное становление и непрерывный рост института как мощного научно-исследовательского технологического центра, выполняющего задания: Министерства вооружения (до 1951 г.), Министерства оборонной промышленности (до 1957 г.), Госкомитета по оборонной технике (до 1965 г.). В 1966 г. НИТИ-40 присвоено новое наименование — Научно-исследовательский институт технологии машиностроения (НИИТМ). Институту поручена разработка технологических процессов, средств технологического оснащения и специального технологического оборудования для изготовления деталей сборочных единиц изделий РКТ, формирование пятилетних планов технологического обеспечения производства. В 1990 г. НИИТМ преобразован в «НПО “Техномаш”», с 1998 г. — ФГУП «НПО “Техномаш”» с подчинением предприятия в 1999–2004 гг. Российскому авиационно-космическому агентству, а с 2005 г. — Федеральному космическому агентству (Роскосмос).

ФГУП «НПО “Техномаш”» проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию перспективных технологических процессов, специального технологического оборудования, приборов и средств технологического оснащения по направлениям: машиностроительное и приборное производство, материаловедение, стандартизация и метрология. Предприятием ведется разработка и изготовление опытных образцов специального технологического оборудования или его глубокая модернизация с применением современных систем управления и новых технических решений.

Участие в космических программах и проектах «Восток», «Восход», «Салют», «Мир», «Союз», «Протон», «Н1-Л3», «Космос», «Фрегат», «Бриз», «Энергия–Буран», «Союз–Аполлон». «Вега», «МКС», «Гелиос», «Колумбус».

ОАО «НПП «Звезда» — научно-производственное предприятие «Звезда», основанное в 1952 г. и преобразованное в 1994 г. в акционерное общество — головное предприятие в России в области создания и производства индивидуальных систем жизнеобеспечения летчиков и космонавтов, средств спасения экипажей и пассажиров при авариях летательных аппаратов, систем дозаправки самолетов топливом в полете.

Созданные в НПП «Звезда» системы успешно эксплуатируются на всех российских пилотируемых космических кораблях и орбитальных станциях, а также на Международной космической станции.

Главными задачами НПП «Звезда» являются:

- обеспечение высокой работоспособности летчиков и космонавтов при выполнении ими своей профессиональной деятельности (в том числе в экстремальных условиях полета);
- повышение эффективности применения летательных аппаратов за счет сокращения ограничений, накладываемых «человеческим фактором»;
- спасение пилотов в аварийных ситуациях и возвращение их к своей профессиональной деятельности.

ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина» (ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю. А. Гагарина») — ведущее советское и российское учреждение по подготовке космонавтов.

Создан 11 января 1960 г. на территории нынешнего Звездного городка в 30 км к северо-востоку от Москвы.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 мая 1995 г. № 478 на базе Научно-исследовательского испытательного центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина и 70-го ОИТАПОН (отдельный испытательно-тренировочный авиаполк особого назначения) создан Российский государственный научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина (РГНИИ ЦПК им. Ю. А. Гагарина).

С момента создания и до 2008 г. Центр находился в ведении Министерства обороны.

В 2009 г., согласно распоряжению Председателя Правительства России В.В. Путина от 01.10.2008 г. № 1435-р, на основе Центра было создано Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина» (куда были переданы все здания, сооружения, оборудование и персонал Центра) в ведении Роскосмоса.

Основные функции Центра:

- организация отбора и подготовки космонавтов (астронавтов), их медицинское освидетельствование, медицинское обеспечение и реабилитация после выполнения космических полетов;
- создание, размещение и модернизация наземных технических средств, применяемых для подготовки космонавтов (астронавтов);
- проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике пилотируемой космонавтики;
- обеспечение выполнения мобилизационно-оборонных задач и специальной летной подготовки космонавтов с использованием авиационной техники Центра;
- оказание услуг по направлениям, соответствующим профилю деятельности учреждения, при реализации коммерческих проектов.

ФГУП «Федеральный космический центр «Байконур» — образован 18.05.1997 г. Указом Президента РФ.

Космодром «Байконур» — один из крупнейших в мире космодромов, расположен на территории Казахстана, недалеко от поселка Тюратам. Занимает площадь 6717 км². С космодрома возможны запуски различных типов ракет-носителей. Один из трех космодромов планеты, наряду с космодромами на Мысе Канаверал (США), и Цзюцюань (Китай), предназначенных для запуска пилотируемых КК. Орбита МКС была подобрана с учетом широты Байконура — с него планировали осуществлять основные запуски.

12.02.1955 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР совместным постановлением № 292-181сс утвердили создание Научно-исследовательского испытательного полигона № 5 Министерства обороны СССР (НИИП № 5 МО СССР), предназначенного для испытаний ракетной техники.

Официальным же днем рождения космодрома считается 2 июня 1955 г., когда директивой Генштаба была утверждена штатная структура Пятого научно-исследовательского испытательного полигона. К началу испытаний и запусков на полигоне находились 527 инженеров и 237 техников, общая численность военнослужащих — 3600 человек.

«Байконур» начал строиться 12 февраля 1955 г., а эксплуатироваться с 1957 г.

В 1970–1980-х гг. являлся крупнейшим космодромом Советского Союза. После распада СССР в начале 1990-х космодром отошел Казахстану. Арендуются Россией до 2050 г.

С космодрома «Байконур» произведено более половины мировых космических запусков.

Здесь происходит более 50 % годового количества запусков космических аппаратов России, а по суммарной массе выводимых полезных

нагрузок — более 80 %, в том числе почти 100 % запусков на геостационарную орбиту.

К 2009 г. российские военные покинули космодром «Байконур» и он полностью передан Роскосмосу (этот процесс поэтапно шел с 1997 г.). По состоянию на 2010 г. на космодроме осталась лишь одна малочисленная войсковая часть 11 284 (бывший штаб космодрома, ныне отдельное испытательное управление космических войск РФ), оказывающая содействие в запусках спутников оборонного назначения.

Россия считает для себя перспективным перенос пилотируемых пусков на новый российский космодром «Восточный» в Амурской области (после 2018 г.). Таким образом, в 2020–2040 гг. с Байконура будут запускаться главным образом автоматические космические аппараты (на ракетах-носителях «Союз-2», «Зенит», «Байтерек»).

НИИ прикладной механики им. академика В. И. Кузнецова (НИИ ПМ) — научно-исследовательский институт прикладной механики — образован в сентябре 1955 г. Тогда на базе Специального конструкторского бюро НИИ-10 был создан НИИ гироскопической стабилизации (позднее получивший наименование НИИ-944) Министерства судостроительной промышленности СССР. С 1994 г. — НИИ ПМ. С 2006 г. — в составе ФГУП «ЦЭНКИ».

Первое в стране предприятие, основной специализацией которого стало создание высокоточных гироскопических командных приборов для РКТ. Приборы НИИ ПМ обеспечили выведение на орбиту первого спутника Земли, полет Ю. А. Гагарина, стыковку пилотируемых КА на орбите, работу долговременных орбитальных станций. Разработанные гироскопические приборы гироскопической стабилизации гироскопов КИ00, гироскопической стабилизации гироскопов КИ27-1 успешно применялись в кораблях «Восток», «Восход», «Союз», «Прогресс» и др. Для системы ориентации и управления движением космических кораблей «Союз» и «Прогресс», долговременных орбитальных станций, а также для системы управляемого спуска космонавтов с орбиты и систем аварийного спасения на этапе выведения КА на орбиту в НИИ ПМ был разработан целый ряд надежных и высокоточных гироскопических приборов и струнных акселерометров КИ38-1, КИ22-40, КИ27-2, КИ00-11, КИ00-18, КИ00-146, КИ68-1, КИ68-100. Модификации этих приборов до сегодняшнего дня используются для обеспечения запуска и возврата на Землю космических экипажей.

Основные направления деятельности:

- создание систем и комплексов автоматизированного управления космическими аппаратами (КА);
- создание радиотехнических систем взаимных измерений при полете, сближении и стыковке КА;

- создание систем и комплексов приема, обработки и доведения цифровой информации от КА;
- создание радиолокационных систем авиационного и космического базирования, радиотехнических комплексов низкоорбитальных спутниковых систем связи.

ОАО «НИИ точных приборов» (НИИ ТП) — научно-исследовательский институт точных приборов (НИИ ТП) объединяет профессиональных разработчиков и производителей разнообразных радиоэлектронных и программных продуктов.

Включает в себя создаваемые специалистами ОАО «НИИ ТП» бортовую аппаратуру командно-измерительных систем (БА КИС) и наземные комплексы управления (НКУ) космическими аппаратами.

Отличительными характеристиками БА КИС являются высокие показатели надежности, помехозащищенности от воздействия искусственных и естественных радиопомех и достоверности обмена информацией с НКУ. В аппаратуре реализован принцип эвристической самоорганизации сложных систем, обеспечивающий парирование возможных отказов. Изготавливается БА КИС, функционирующая в условиях открытого космического пространства.

Создаваемые в ОАО «НИИ ТП» НКУ представляют собой сложные пространственно-распределенные информационно-вычислительные комплексы, в состав которых входят Центр управления полетом (ЦУП), наземные станции КИС (созданные и модернизированные специалистами ОАО «НИИ ТП»), системы передачи данных и ряд других технических средств.

Разработанные в ОАО «НИИ ТП» ЦУП — это высокоавтоматизированные аппаратно-программные комплексы, имеющие высоконадежную кластерную серверную архитектуру с применением клиент-серверной технологии обработки информации. Большинство операций в ЦУП выполняется в автоматическом режиме без участия операторов.

Бортовая аппаратура и наземные станции КИС наряду с Центром управления полетом, создаваемые в ОАО «НИИ ТП», являются сердцевиной современной автоматизированной системы управления автоматическими космическими комплексами.

ОАО «Российские космические системы» (НИИ-885 ГКРЭ, НПО космического приборостроения, ФГУП РНИИ КП).

ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (ОАО «Российские космические системы») создано на базе ФГУП «Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения» (ФГУП «РНИИ КП»). Корпорация занимается разработкой, производством, испытанием, сертификацией, реализацией, модернизацией, обслуживанием, эксплуатацией и утилизацией:

- наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ) космическими аппаратами, ракетами-носителями и разгонными блоками;
- полигонных измерительных комплексов;
- автоматизированных систем управления;
- систем измерения, мониторинга ресурсов и объектов;
- космических систем поиска и спасания, геодезии, навигационно-временного и гидрометеорологического обеспечения, связи и ретрансляции, дистанционного зондирования Земли, планет и других космических объектов, радиотехнического обеспечения научных исследований космического пространства;
- бортовых и наземных радиотехнических и оптоэлектронных приборов и комплексов, включая бортовые ретрансляционные комплексы космических аппаратов ;
- систем, комплексов и средств сбора, обработки и доведения информации от космических систем наблюдения, систем и средств, информационного обеспечения различного назначения.

В состав корпорации «Российские космические системы» входят:

- ОАО «НИИ точных приборов» (ОАО «НИИ ТП», г. Москва);
- ОАО «НИИ физических измерений» (ОАО «НИИ ФИ», г. Пенза);
- ОАО «НПО измерительной техники» (ОАО «НПО ИТ», г. Королев, Московская область);
- ОАО «НИИ космического приборостроения» (ОАО «НИИ КП», г. Москва);
- ОАО «Научно-производственная организация «Орион» (ОАО «НПО «Орион», г. Краснознаменск Московская область);
- ОАО «Особое конструкторское бюро Московского энергетического института» (ОАО «ОКБ МЭИ», г. Москва).

Корпорацией созданы:

- бортовой передатчик ИСЗ-1;
- радиотехнические системы для МТКС «Энергия–Буран»;
- радиотехнические устройства для служебного модуля МКС;
- бортовые комплексы управления и связи для ОК «Буран», КК «Союз», «Прогресс»;
- командно-измерительные системы НАКУ;
- оборудование для мобильных и стационарных командно-измерительных пунктов (КИПы) системы слежения за полетом орбитальных пилотируемых КА.

ГНПП «Квант» — разработка и изготовление систем энергообеспечения КА, солнечные батареи, физические и химические источники тока.

- 5 июля 1957 г. Постановлением Совета Министров СССР № 779 институт НИЭЭИ был передан в ведение Государственного планового комитета СССР, и в соответствии с приказом ГосПК СССР № 964 от 4 сентября 1957 г. получил наименование Всесоюзный научно-исследовательский институт источников тока (ВНИИТ).
- 1957 г., 4 октября — выведен на космическую орбиту первый в мире искусственный спутник Земли, оснащенный блоком электропитания, состоящим из трех батарей на основе серебряно-цинковых элементов, созданном во ВНИИТ.
- 1957 г., 3 ноября — выведен на орбиту второй искусственный спутник, оснащенный разработанными в институте источниками тока различного назначения и конструкции.
- 1958 г., 15 мая — выведен на орбиту третий искусственный спутник Земли, на котором в качестве источника энергии использовались разработанные специалистами института солнечные батареи на основе кремния.
- 1961 г., 12 апреля — на космическом корабле «Восток», оснащенном системой электропитания, созданной во ВНИИТ, впервые осуществлен полет человека в космос.
- 1971 г., декабрь — ВНИИТ стал называться Всесоюзным научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом источников тока.
- 1973 г., 19 апреля — выведена на орбиту космическая станция «Салют», оснащенная солнечными батареями, разработанными специалистами института.
- 1976 г., 13 декабря — на основе ВНИИТ, завода «Фотон» и 16 филиалов ВНИИТ, находящихся в различных городах СССР, было образовано НПО «Квант».
- 1982 г., 8 февраля — Указом Президиума Верховного Совета СССР за заслуги в создании космических кораблей и станций, подготовке и осуществлении космических полетов НПО «Квант» награждено орденом Ленина.
- 1991 г., 27 ноября — образовано Государственное научно-производственное объединение «Квант» в составе ВНИИТ и завода «Фотон» (ГНПП «Квант»).
- 1998 г., 12 мая — ГНПП «Квант» передано в ведение Российского авиационно-космического агентства.
- В ноябре 1998 г. впервые в мире на орбитальной космической станции «Мир» была установлена гибкая тонкопленочная солнечная батарея на основе аморфного кремния.
- 1999 г. — ГНПП «Квант» переименовано в ФГУП «НПП «Квант»».

- В 2007 г. ФГУП «НПП “Квант”» было преобразовано в ОАО «НПП “Квант”» и вошло в состав ОАО «Информационные спутниковые системы им. М. Ф. Решетнева».

Солнечные батареи, разработанные НПП «Квант», применялись на орбитальных станциях серии «Салют», «Мир», автоматических межпланетных аппаратах и станциях серии «Венера», «Марс», «Фобос», автоматических самодвижущихся аппаратах «Луноход-1», «Луноход-2».

Предприятие участвовало в космических программах «Восток», «Космос», «Энергия–Буран», «Молния», «Радуга», «Горизонт», «Луна», «Союз–Аполлон», «Вега», «Интербол», «Бхаскара», «Ариабата», «Интеркосмос» и ряде других.

В настоящее время НПП «Квант» участвует в реализации следующих программ в области космической фотоэнергетики — российский сегмент орбитальной станции МКС из модулей «Заря» и «Звезда» с солнечными фотопреобразователями с двусторонней чувствительностью.

ОАО «Научно-производственное объединение “Композит”» — для решения материаловедческих задач в области ракетно-космической техники в 1947 г. на базе Центральной лаборатории завода № 88 был создан отдел материаловедения, впоследствии преобразованный в отделение материаловедения НИИ-88 (ЦНИИмаш). В 1975 г. отделение преобразовано в ЦНИИ материаловедения (ЦНИИМВ), в 1986 г. — в «НПО “Композит”», с 1997 г. — ОАО «НПО “Композит”». «НПО “Композит”» — это ведущая организация Федерального космического агентства России в области материаловедения для ракетно-космической техники (РКТ).

Предприятие выполняет научно-исследовательские и опытно-технологические работы по созданию и комплексному исследованию свойств материалов, оценке их работоспособности на моделях и экспериментальных узлах и конструкциях, разработке технологических процессов, экспертизе применимости материалов в конкретных изделиях на стадиях разработки изделий, наземной отработки и летных испытаний РКТ, определению гарантийных сроков хранения, эксплуатации изделий на основе ускоренных испытаний и математических методов прогнозирования изменения свойств материалов во времени и от воздействия факторов космического пространства.

«Композит» располагает значительным научно-техническим заделом в области создания современных материалов, технологий их получения и обработки, уникальной опытно-промышленной базой для изготовления материалов и испытаний, а также опытом применения материалов в национальных проектах и международных космических программах: «Салют», «Союз», «Протон», «Мир», «Энергия–Буран», «Союз–Аполлон», «Вега», «Фобос», «Международная космическая станция».

Основные направления деятельности:

- обоснование основных направлений развития материаловедения в интересах создания ракетно-космической техники (ракет-носителей, пилотируемых и автоматических космических аппаратов, орбитальных станций);
- теоретические и экспериментальные исследования, опытно-технологические разработки по созданию новых материалов и производство: металлических на основе алюминия, магния, бериллия, титана, никеля, меди, композиционных полимерных, углерод-углеродных и керамических материалов, материалов, получаемых в условиях космического пространства, имплантируемых эндопротезов;
- разработка перспективных методов исследования физико-механических и теплофизических характеристик материалов и их стойкости к различным факторам, в том числе космического пространства;
- экспертиза проектов изделий ракетно-космической техники, предполетных и полетных результатов в области материаловедения;
- сертификация, стандартизация и унификация материалов ракетно-космической техники;
- разработка и производство перспективных материалов и изделий из них для топливно-энергетического, агропромышленного комплексов, транспорта;
- теоретические и экспериментальные исследования по созданию материалов народнохозяйственного назначения и медицинской техники.

Глава 15

РОЛЬ ЦНИИМАШ В РАЗВИТИИ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

15.1. Роль НИИ-88/ЦНИИмаш в планировании пилотируемой космонавтики, в испытаниях по прочности, аэрогазодинамике, тепловых испытаниях и обеспечении управления полетом космических аппаратов

2011 г. был знаменателен для нашей космонавтики не только 50-летием первого полета человека в космос. В 2011 г. головной научно-исследовательский институт Российского космического агентства ЦНИИмаш отметил свое 65-летие. Это важная дата в жизни института, с создания которого в нашей стране началось становление ракетно-космической промышленности. В ноябре 2011 г. страна также отмечала 100-летний юбилей выдающегося конструктора, одного из основоположников ракетной техники, академика Михаила Кузьмича Янгеля, деятельность которого также неразрывно связана с нашим институтом.

История становления института на протяжении этих лет насыщена множеством событий, имеющих самое непосредственное отношение к укреплению оборонного и развитию научного потенциала нашей страны. С самого начала институт стал научно-исследовательской базой развития ракетно-космической промышленности страны и создания ряда ее основных предприятий. Целая плеяда талантливых ученых и руководителей ведущих КБ и организаций вышла из стен НИИ-88, так тогда назывался ЦНИИмаш, и внесла свой вклад в создание научной и организационной основы всех последующих успехов и достижений нашей страны в создании стратегических ракетных систем и освоении космического пространства. Огромную роль в становлении института как головной научной организации ракетно-космической отрасли сыграл его директор Юрий Александрович Мозжорин, возглавлявший коллектив института с 1961 по 1990 г. Именно при нем в ЦНИИмаш был создан сегодня всемирно известный Центр управления полетами, были разработаны и реализованы принципы и методы

обеспечения качества и надежности ракетной и космической техники в ходе ее экспериментальной наземной отработки, создана современная экспериментально-испытательная база отработки аэродинамики, тепловых процессов и прочности ракетной и космической техники.

В период 1946–1956 гг. в составе НИИ-88 было несколько опытно-конструкторских бюро со своими главными конструкторами, в том числе и ОКБ-1, работавшее под руководством С.П. Королева. Создаваемые в этот период экспериментальная база и научно-исследовательские отделы, а также завод № 88 были ориентированы на обеспечение работ и решение проблем этих ОКБ.

Исторически сложилось так, что подразделениям НИИ-88 пришлось идти непроторенным путем и первыми решать многие возникающие проблемы. И экспериментальная база для отработки ракетно-космических конструкций начала создаваться в институте значительно раньше, чем на многих возникших позднее предприятиях ракетно-космической отрасли. Поэтому институт первым сталкивался со всеми сложностями процесса создания ракет дальнего действия и базы для их отработки.

В августе 1956 г. из НИИ-88 сначала выделилось ОКБ-1 с заводом, а затем и другие структурные единицы, ставшие самостоятельными организациями. Начался период становления института как головного предприятия в отрасли по ракетно-космической тематике, формировались новые направления научных и экспериментальных исследований. Стремительно развивались все направления деятельности института и достигались проектные параметры экспериментальных установок практически по всем направлениям создаваемой в институте исследовательской базы.

Первое десятилетие существования НИИ-88 пришлось на тяжелейшие послевоенные годы. Созданный институт был уникальной организацией, в которой были сосредоточены научно-исследовательские, опытно-конструкторские, производственные и испытательные функции.

Практически все приходилось делать впервые, причем исходя из отечественных возможностей. Кадровая проблема была одной из основных: профессионально подготовленных специалистов было чрезвычайно мало. И вот в этих условиях были решены многие сложнейшие проблемы ракетной техники, разработаны уникальные конструкторские и технологические решения.

За короткий срок при головной роли НИИ-88 под руководством главного конструктора С.П. Королева было создано семейство первых баллистических ракет, началась подготовка к осуществлению космических полетов.

Период создания и становления НИИ-88 (1946–1948 гг.) был одним из самых трудных в его истории. За короткий срок нужно было сфор-

мировать институт, определить конкретную тематику научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и наиболее рациональные формы использования опытно-производственной базы. Нужно было также создать необходимую экспериментальную и испытательную базу, перестроить производство под создание ракет, организовать и задействовать сложнейшую кооперацию многих научных, конструкторских и производственных организаций различных министерств и ведомств. Предстояло решить кадровые вопросы, сложность которых в послевоенные годы была особой. Были достаточно острыми и требовали оперативного решения вопросы социального характера — жилье, школы и дошкольные учреждения, магазины, общественное питание, культурно-бытовое обслуживание.

Решать все эти проблемы нужно было не последовательно, а параллельно, в комплексе. Одновременно требовалось обеспечивать практический выход по основным направлениям заданной тематики.

В августе 1946 г. первым директором НИИ-88 назначается опытный организатор артиллерийского вооружения, Герой Социалистического Труда, лауреат Государственной премии генерал-майор инженерно-технической службы Лев Рувимович Гонор.

В течение первого десятилетия НИИ-88 был не просто научно-исследовательским институтом, а научно-производственным центром жидкостного ракетостроения, включая проектно-конструкторские отделы, а затем опытные конструкторские бюро по разработке образцов ракетной техники, а также опытный завод по их производству. Тогда единоначалие директора было не абсолютным, поскольку определенную долю персональной ответственности перед государством несли назначаемые министром вооружения СССР главные конструкторы основных разрабатываемых образцов ракетной техники и директор опытного завода. Тем не менее, наряду с министерством, они подчинялись и непосредственно директору НИИ-88, одной из основных функций которого было создание наиболее благоприятных условий для их творческой работы при оптимальном для дела распределении руководящих функций. Это в полной мере удалось Л. Р. Гонору — выдающемуся организатору оборонного производства. Он возглавил институт уже опытным специалистом, прошедшим большую жизненную и производственную школу руководства крупнейшими оборонными заводами в годы Великой Отечественной войны. Опыт Л. Р. Гонора сыграл огромную роль на этапе становления института. Обладая высоким личным авторитетом, огромными связями в оборонной и смежных отраслях промышленности, опираясь в необходимых случаях на имена Сталина и Устинова, на большие полномочия, вытекавшие из постановления Совета Министров от 13 мая 1946 г., он обеспечил главным конструкторам необходимые условия для воплощения их разработок

на практике. За четыре года руководства Л. Р. Гонора в институте успешно сформировались четыре основных функциональных направления научно-производственного центра: проектно-конструкторское, научно-исследовательское, производственное и испытательное. В это же время четко определилось ведущее, наиболее успешно развивавшееся тематическое направление деятельности института, — баллистические ракеты дальнего действия, в основном благодаря уникальной активности их главного конструктора С. П. Королева. Результатом этой работы стало создание первой советской баллистической ракеты дальнего действия, за что Указом Президиума Верховного Совета СССР от 20 апреля 1956 г. НИИ-88 был награжден орденом Ленина. Первый успешный пуск межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 21 августа 1957 г. явился результатом работ по экспериментальной отработке на прочностных и аэродинамических стендах НИИ-88. Именно ракете Р-7 предстояло стать ракетой-носителем которая вывела на околоземную орбиту корабль-спутник с человеком на борту, а затем и легендой мировой космонавтики. Ведь именно на ее базе создана современная РН «Союз», которой нет равной по надежности во всем мире. Ведь знаменитая «Семерка» в строю уже больше 50 лет.

В июле 1959 г. директором и научным руководителем института был назначен видный ученый, доктор технических наук, лауреат Ленинской премии Георгий Александрович Тюлин. До этого он работал первым заместителем начальника НИИ-4 по научной части и глубоко знал требования Вооруженных сил к дальнейшему развитию ракетного оружия различного, в первую очередь стратегического назначения. При нем в НИИ-88 началось активное становление новых направлений исследований по общему определению перспектив развития ракетно-космической техники как в области боевых ракетных комплексов, так и в области космической техники. Собственно Г. А. Тюлин и развернул процесс превращения института из научно-прикладного, обслуживающего запросы конструкторских организаций, в головной центр отрасли, разрабатывающий идеологию, прогнозы и государственные планы развития РКТ, совмещая это с прежними научно-прикладными функциями, что должно было существенно помогать и в решении новых задач комплексных исследований развития РКТ. Георгий Александрович замечательно подходил для этой роли и потому, что у него были очень хорошие деловые отношения не только с С. П. Королевым, которого он глубоко ценил и уважал, понимая особое значение его деятельности, но и с большинством других главных конструкторов и их заместителей, с которыми он вместе работал еще в Германии.

В период руководства институтом Г. А. Тюлиным были определены четкие перспективы развития института и его научной тематики,

укрепления экспериментальной базы и проведения серьезных организационных улучшений. Были образованы новые научные подразделения, в том числе вычислительный центр, приказ ГКОТ о его создании был подписан 12 мая 1960 г. Впоследствии вычислительный центр принимал участие в управлении первым полетом человека в космосе 12 апреля 1961 г. в качестве дублирующего. По инициативе директора было введено четкое планирование научно-исследовательских работ и оценка научной значимости завершенных исследований. Георгием Александровичем были сформулированы задачи и направления деятельности НИИ-88 на ближайшую пятилетку, включавшие и работы по подготовке первого полета человека в космическое пространство, которые были утверждены решением Совета Министров СССР в сентябре 1960 г. Несмотря на проводимые реорганизационные мероприятия, в институте выполнялась большая работа по обеспечению конструкторских разработок ОКБ-1 по подготовке первого пилотируемого полета, за что многие сотрудники НИИ-88 были удостоены высоких государственных наград, а институту Президиумом Академии наук СССР была вручена памятная медаль.

Таким образом, Г. А. Тюлин активно проводил перестройку НИИ-88 под новые задачи головной организации ракетно-космической отрасли. Реализовать намеченные планы директору не удалось, так как в июле 1961 г. он был переведен с повышением на должность заместителя председателя ГКОТ по ракетно-космическому направлению. Реализация намеченных планов легла на плечи ученика Г. А. Тюлина и его последователя, доктора технических наук, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии генерал-майора инженерно-технической службы Юрия Александровича Мозжорина.

Ю. А. Мозжорин был назначен на должность директора — научного руководителя НИИ-88 решением ЦК КПСС в июле 1961 г. До этого он занимал должность заместителя начальника НИИ-4 МО по научной части. К моменту назначения директором НИИ-88 Ю. А. Мозжорин был уже заслуженным ученым и организатором крупномасштабных исследований. Под его техническим руководством был разработан и создан первый в стране автоматизированный командно-измерительный комплекс (КИК) управления полетами автоматических космических аппаратов и пилотируемых космических кораблей. За создание КИКа и обеспечение запуска первого ИСЗ Ю. А. Мозжорину была присуждена Ленинская премия, а за обеспечение первого космического полета человека он был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

При Ю. А. Мозжорине НИИ-88 (с 01.01.1967 г. — ЦНИИмаш) становится действительно головным научно-исследовательским центром ракетно-космической отрасли. Этому во многом способствовало удачное сочетание организаторских способностей Ю. А. Мозжорина

с широким научным кругозором, высокой работоспособностью и ответственностью. Его почти 30-летняя работа на посту директора — научного руководителя института составила целую эпоху в истории ЦНИИмаш и всего отечественного ракетно-космического машиностроения. При нем количество головных функций института в отрасли выросло во много раз. Именно по инициативе Ю. А. Мозжорина в ЦНИИмаш был создан Центр управления полетами, который на сегодняшний день является главным центром управления пилотируемыми полетами не только в нашей стране, но и во всем мире.

Глава 16

ПИЛОТИРУЕМАЯ КОСМОНАВТИКА — ПРОЕКТЫ БЛИЖНЕЙ И ДАЛЬНЕЙ ПЕРСПЕКТИВЫ

16.1. Российские околоземные пилотируемые программы

Российская Федерация реализует широкомасштабную пилотируемую программу в околоземном космическом пространстве, которая связана с развертыванием, эксплуатацией Международной космической станции и проведением на ее борту комплекса научно-прикладных исследовательских работ.

Одним из составных элементов реализации программы МКС является модернизация транспортных кораблей «Прогресс» и «Союз». 26 ноября 2008 г. состоялся первый полет к МКС нового грузового корабля «Прогресс М-01М» с модернизированной системой управления. Главным элементом модернизации [3] стала бортовая вычислительная система: устаревшая БВС «Аргон-16» заменена на современную, постоянно работающую на орбите ЦВМ101. Случай двойного отказа БВС на участке причаливания резервируется (как и на «Прогрессе М») использованием системы ТОРУ. Кроме того, на корабле установлена новая малогабаритная цифровая телеметрическая система МБИТС-ТК. 8 октября 2010 г. запущен модернизированный пилотируемый корабль «Союз ТМА-01М» с доработанными системами бортового комплекса управления, который совершил успешный спуск с 3 космонавтами 16 марта 2011 г.

В процессе полетов кораблей «Прогресс М-М», «Союз ТМА-М» отработана четырехвитковая или «быстрая» схема сближения транспортных кораблей с МКС. Обычно эта операция выполнялась по двухдневной или трехдневной схеме. Сначала эта схема была реализована для корабля «Прогресс М-16М», который стартовал к МКС в 23:35 мск 1 августа 2012 г. и причалил к стыковочному отсеку «Пирс» РС МКС в 5:18 мск 2 августа. Для пилотируемых кораблей «быстрая» схема сближения реализована в процессе полета корабля «Союз ТМА-08М» с тремя космонавтами, который стартовал к МКС 29 августа 2013 г. в 0:43 мск и в 06:28 пристыковался к малому исследовательскому модулю «Поиск» РС МКС. Спускаемый аппарат

корабля «Союз ТМА-08М» 11 сентября 2013 г. в 6:58 мск приземлился в Казахстане.

Следующая модернизация кораблей «Прогресс» и «Союз» связана с использованием бортового комплекса ЕКТС (единая командно-телеметрическая система), позволяющего осуществлять передачу данных в S-диапазоне в ЦУП-М как через наземные станции слежения, так и через спутники-ретрансляторы системы «Луч-М», а также с использованием аппаратуры спутниковой навигации (АСН). При этом данные от АСН в виде цифровых пакетов должны идти в потоке телеметрической информации, выделяться на телеметрическом комплексе ЦУП-М и передаваться в баллистический комплекс.

В соответствии с Федеральной космической программой России на 2006–2015 гг. предполагается наращивание Российского сегмента МКС, которое должно осуществляться в два этапа. В рамках первого этапа 10 ноября 2009 г. к МКС запущен транспортный грузовой корабль-модуль с малым исследовательским модулем МИМ-2 («Поиск»), затем 14 мая 2010 г. был запущен шаттл «Атлантис» с модулем МИМ-1 («Рассвет»), а в 2014–2015 гг. на околоземную орбиту с помощью ракеты-носителя «Протон» будет доставлен многоцелевой лабораторный модуль (МЛМ). Основное назначение модуля — решение задач научных исследований на РС МКС, а также предоставление рабочих мест для дополнительных членов экипажа МКС.

Основным средством интеграции МЛМ в РС МКС будет бортовая вычислительная система российского сегмента МКС, которая обеспечит после стыковки МЛМ с МКС интерфейсы между Землей и МЛМ как по выдаче команд, так и по получению программной телеметрии. БВС МЛМ, интегрированная в БВС РС МКС, обеспечит возможность экипажу МКС управлять бортовыми системами МЛМ, а также — всей станцией из модуля МЛМ. Модуль МЛМ будет интегрироваться для выполнения целевых задач российского сегмента. К таким задачам относятся: стыковки российских кораблей к модулю МЛМ, расстыковки кораблей от модуля МЛМ, перестыковки кораблей на стыковочные узлы других модулей РС МКС, дозаправка топливом объединенной двигательной установки РС МКС, внекорабельная деятельность с использованием европейского манипулятора ERA, коррекции орбиты станции с использованием двигателей МЛМ и др.

На втором этапе [4] в состав РС МКС дополнительно к работающим модулям будут введены узловой модуль (УМ), который позволит проводить дальнейшее наращивание РС МКС: к агрегатам стыковки УМ будут пристыкованы научно-энергетические модули НЭМ-1 и НЭМ-2, которые значительно расширят возможности РС МКС по снабжению электроэнергией. Модуль УМ доставляется на МКС транспортным грузовым кораблем-модулем «Прогресс М-УМ»; модули

НЭМ-1, НЭМ-2 будут доставляться на околоземную орбиту с помощью ракеты-носителя «Протон».

В настоящее время по контракту с «Роскосмосом» создается модуль НЭМ-1. В составе РС МКС НЭМ должен решать следующие задачи:

- генерацию электроэнергии для РС МКС;
- резервирование управления режимами УМ, модулями и кораблями, пристыкованными к УМ, при нештатных ситуациях на СМ и МЛМ;
- установку и функционирование модернизированной системой обеспечения жизнедеятельности (СОЖ) с системой очистки воздуха и с контролем состава атмосферы;
- предоставление функциональных зон в гермоотсеке для проведения физических тренировок, размещение средств медицинского обеспечения экипажа, проведения медико-биологических исследований и хранения грузов;
- обеспечение теплового режима для деятельности экипажа и работы оборудования;
- предоставление универсальных рабочих мест на внешних поверхностях НЭМ, приспособленных для автоматической установки и снятия ПН с использованием робототехнических средств;
- предоставление рабочих мест для целевых грузов (включая места для медико-биологического оборудования) в гермоотсеке модуля;
- предоставление спутникового радиоканала управления и связи с Землей для служебных задач и передачи информации от целевых грузов;
- управление МКС по каналу крена;
- резервирование решения задач построения и поддержания ориентации МКС при нештатных ситуациях на СМ с использованием в качестве исполнительных органов реактивных двигателей;
- хранение топлива.

Средства бортового комплекса управления НЭМ должны включать:

- систему управления бортовым комплексом, включая бортовую вычислительную систему;
- систему управления движением и навигации;
- бортовую радиотехническую систему;
- широкополосную систему связи;
- систему бортовых измерений;
- систему телефонной связи;
- телевизионную систему;
- систему энергоснабжения;

- средства обеспечения теплового режима, газового состава, средства санитарно-гигиенического, водообеспечения, противопожарной защиты, средства обеспечения питания и медицинского обеспечения.

К 2017–2018 гг. предполагается создание и запуск автономной технологической орбитальной лаборатории ОКА-Т-МКС [5]. Многоцелевая космическая лаборатория ОКА-Т-МКС предназначена для проведения микрогравитационных и прикладных технологических и биотехнологических исследований. Она должна работать на орбите автономно, время от времени стыкуясь с Международной космической станцией или с кораблями Перспективной пилотируемой транспортной системы (ППТС). Космонавты будут заниматься обслуживанием научной аппаратуры, заправкой лаборатории и другими операциями. Одна из основных задач автономного полета — эксперименты при абсолютном вакууме и наименьших возможных микроускорениях.



Рис. 16.1. Автономная технологическая орбитальная лаборатория ОКА-Т-МКС

ОКА-Т-МКС будет состоять из негерметичного служебного отсека и герметичного отсека целевой полезной нагрузки (рис. 16.1). Рабочий объем гермоотсека, внутри которого космонавты обслуживают научное и технологическое оборудование, не менее 18 м^3 . При выполнении операций с экипажем на борту в отсеке поддерживается давление $700\text{--}805 \text{ мм рт. ст.}$, относительная влажность от 30 до 70 % и температура воздуха от 5 до $40 \text{ }^\circ\text{C}$ при автономном функционировании модуля и от 18 до $28 \text{ }^\circ\text{C}$ при обслуживании в составе МКС.

Гермоотсек имеет типовую систему стыковки с зоной внутреннего перехода, а также сопряженную шлюзовую камеру, которая позволяет монтировать и выдвигать в открытый космос аппаратуру диаметром до 0,8 м и длиной до 1,5 м.

Часть оборудования и аппаратуры служебных систем вынесена на наружную поверхность гермоотсека. Они могут обслуживаться или заменяться космонавтами при внекорабельной деятельности или с помощью манипуляторов. В задней части ОКА-Т-МКС установлен теневой защитный экран (ЗЭ) диаметром не менее 2,5 м, конструктивно связанный со шлюзовой камерой и обеспечивающий создание сверхглубокого вакуума вне гермоотсека. Снаружи аппарата смонтированы навесной радиатор активной системы терморегулирования, а также ориентируемые солнечные батареи (СБ). Первичные источники тока в системе электропитания — фотопреобразователи с эффективностью не менее 30 %, буферные аккумуляторы.

Система управления движением КА должна обеспечивать построение орбитальной или инерциальной ориентации с высокой точностью.

Двигательная установка лаборатории должна обеспечивать возможность межорбитальных маневров, включая доведение на базовую рабочую орбиту, операции по сближению и стыковке, а также дозаправку из топливных баков МКС или ППТС. Рассматривается возможность реализации более высоких круговых и эллиптических орбит (до 3000 км и более).

В состав целевой нагрузки входит комплекс научной аппаратуры для космических экспериментов, размещенный внутри гермоотсека и на внешней поверхности модуля. Масса научной аппаратуры и технологического оборудования должна составлять около 850 кг, включая аппаратуру, размещенную в шлюзовой камере. Среднесуточная мощность электроснабжения комплекса научной аппаратуры — не менее 5 кВт.

В систему передачи целевой информации в режиме реального времени и с промежуточным запоминанием информации входит радиолиния со скоростью не менее 128 Мбит/с. Емкость электронных носителей информации должна быть не менее 1 Тбайт.

Доставка на ОКА-Т-МКС полезных грузов и возврат их на Землю будет осуществляться транспортными средствами обслуживания МКС, временное хранение грузов — в модулях российского сегмента станции. Планируемая длительность циклов автономного функционирования модуля — 90–180 сут, длительность циклов обслуживания в составе МКС или ППТС — до 7 сут. На этапе свободного полета будут обеспечиваться не менее чем 20-суточные интервалы работ с заданным уровнем микрогравитации.

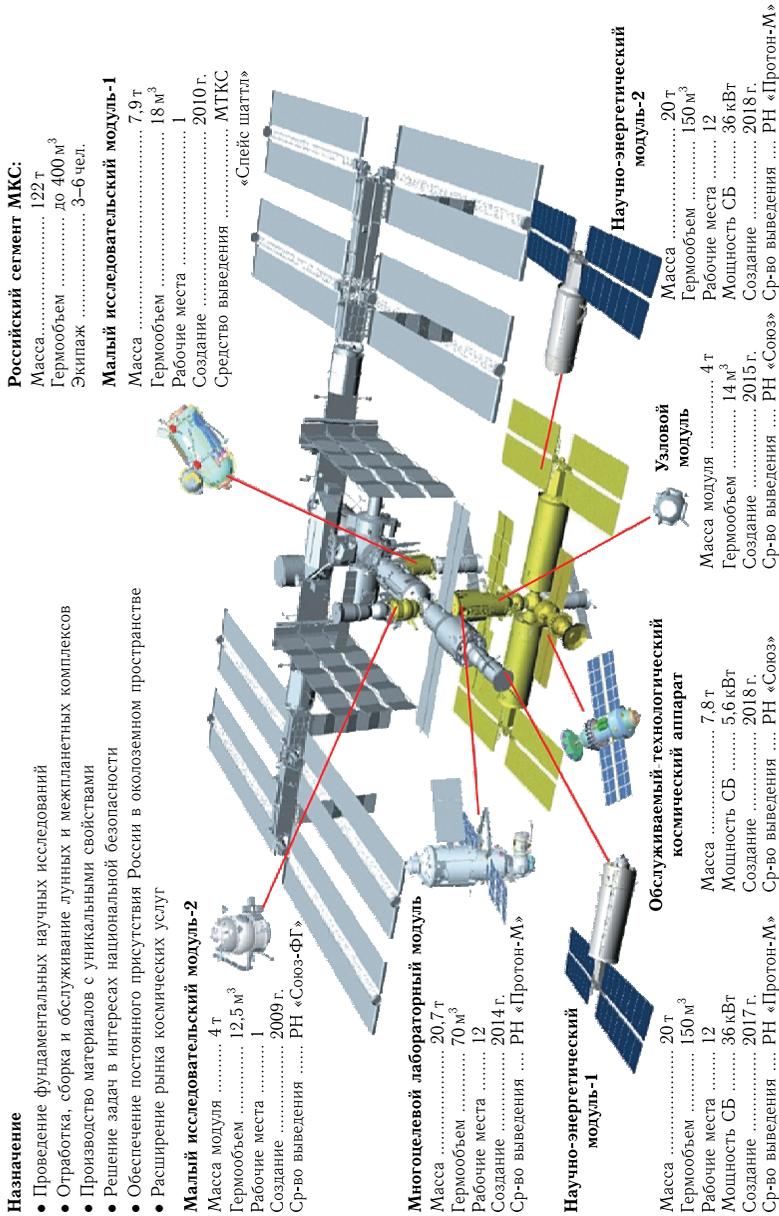


Рис. 16.2. Развитие РС МКС

Конфигурация РС МКС после интеграции в ее состав новых модулей приведена на рис. 16.2.

Важным для дальнейшего развития программы МКС явилось Совместное заявление глав агентств Канады, Европы, Японии, России и США, партнеров по Международной космической станции, 11 марта 2010 г. в Токио (Япония). С приближением завершения этапа сборки МКС и с установлением возможности для полноценной поддержки экипажа из шести человек главы агентств отметили выдающиеся перспективы, предоставляемые на МКС в области орбитальных исследований и открытий, включая эксплуатацию и управление самым масштабным в мире международным космическим комплексом. В частности, главы агентств отметили беспрецедентные возможности по развитию науки и технологий, которые появятся вследствие полноценной эксплуатации этого уникального объекта. Такие исследования принесут пользу всему человечеству на Земле в преддверии подготовки к дальнейшим исследованиям космического пространства за пределами околоземной орбиты. МКС также позволит партнерам экспериментировать с проведением интегрированных международными операциями и исследований, прокладывая путь к более широкому сотрудничеству в отношении будущих международных миссий.

Главы агентств подтвердили важность полномасштабной эксплуатации научного, инженерного, пользовательского и образовательного потенциала МКС. Было отмечено, что не существует установленных технических ограничений на продолжение использования МКС после существующего в настоящее время предела в 2015 г. по крайней мере до 2020 г. и что партнеры в настоящее время работают над сертификацией орбитальных экспериментов до 2028 г. Главы агентств выразили общую заинтересованность в продолжении функционирования и эксплуатации МКС до тех пор, пока очевидна выгода данной эксплуатации.

В Вашингтоне под эгидой Госдепартамента США 9–10 января 2014 г. состоялась встреча глав более 30 космических агентств — Международный форум по освоению космоса (International Space Exploration Forum). Накануне этого события было официально объявлено решение американской администрации о продлении срока работы Международной космической станции по крайней мере до 2024 г. До сих пор действующими международными соглашениями предусматривается эксплуатация МКС лишь до 2015 г. Перед этим помощник президента США по науке и технике, директор Управления научно-технической политики Джон Холдрен и администратор NASA Чарлз Болден заявили, что продление работы МКС позволит NASA и международному космическому сообществу достичь следующих целей:

- завершить исследования, необходимые для обеспечения планируемых пилотируемых полетов в дальний космос — к астероиду до 2025 г. и к Марсу в 2030-е гг. Считается, что эксперименты на МКС позволят «закрыть» 21 из 32 рисков для здоровья людей в таких полетах. Кроме того, на станции можно будет испытать технологии и системы для использования в таких полетах;
- продление МКС позволит достичь больших практических результатов, в частности, в создании новых средств обеспечения здоровья человека;
- отсрочка завершения программы МКС даст NASA и его партнерам из частного сектора больше времени на переход к транспортному обеспечению станции частными кораблями, в том числе и пилотируемыми. Существующие контракты по грузовому снабжению с фирмами SpaceX и Orbital заключены на срок до 2016–2017 гг. Дополнительные закупки позволят снизить цену услуг и увеличить количество американских коммерческих космических пусков. Для частных пилотируемых кораблей, которые планируется использовать начиная с 2017 г., продление МКС означает удвоение числа полетов, снижение стоимости услуг и большую привлекательность инвестиций;
- на МКС будет размещен ряд приборов для изучения Земли и ее климата: SAGE III для определения содержания малых компонентов атмосферы и аэрозолей, RapidScat для измерения скорости ветров, OCO-3 для изучения углеродного цикла, CREAM и CALET для регистрации заряженных частиц и поиска скрытой массы и др.;
- наконец, продление полета МКС «поможет сementировать продолжающееся лидерство США в пилотируемой космонавтике».

Заместитель администратора NASA по пилотируемым полетам Уильям Герстенмайер подтвердил, что зарубежные партнеры также настроены на продолжение совместной работы по проекту МКС.

Выступая 9 января на открытии форума, первый заместитель государственного секретаря Уильям Бернс отметил, что в этом «самом сложном совместном научно-техническом проекте в истории» участвуют более 80 государств и необходимо привлекать к работам по проекту МКС дополнительных участников. Была подчеркнута необходимость поощрять частные инициативы в космической области, включая снабжение МКС компаниями SpaceX и Orbital. Заместитель государственного секретаря подтвердил, что станция является фундаментом для будущих пилотируемых полетов к астероиду, Луне и Марсу, и напомнил: вместо того, чтобы искать собственные пути в будущем, 12 национальных космических агентств разработали согласованный план, имеющий целью высадку людей на Марс. Он также сказал, что США будут приветствовать

международную поддержку предложенному NASA проекту по захвату и транспортировке астероида. Бернс заявил, что необходимо «сделать намного больше» для защиты Земли от опасных космических объектов и космического мусора, не уточнив, что это две весьма разные проблемы. Реальные шаги он предложил лишь в части космического мусора: «Мы работаем с Европейским союзом и другими странами, чтобы разработать Международный кодекс поведения при космической деятельности».

Германия, как крупнейший член Европейского космического агентства, которое участвует в финансировании и эксплуатации станции, также поддерживает идею продления сроков ее жизни. Ян Вернер, глава Германского космического агентства, заявил: «Германия желает использовать МКС до 2020 г. и далее. Мы надеемся, что и другие европейские страны, входящие в ЕКА, возьмут на себя соответствующие финансовые обязательства». Профессор Вернер выступил с этим заявлением в Вашингтоне, где Германское космическое агентство и ЕКА объявили о начале сотрудничества с Sierra Nevada Corporation (SNC), которая разрабатывает новый космический корабль многократного использования для доставки людей и грузов на борт МКС. Создаваемый компанией SNC мини-шаттл имеет название Dream Chaser. Он будет выводиться на орбиту тяжелой ракетой «Атлас» с мыса Канаверал в штате Флорида. Профессор Вернер также высказал идею запуска разрабатываемого корабля с помощью ракеты-носителя «Ариан-5», которая стартует с космодрома Куру во французской Гвиане.

Россия заинтересована в продлении срока работы МКС. Развертывание РС МКС будет продолжаться до 2020 г. Предстоит доработать, испытать и запустить многоцелевой лабораторный модуль, узловой модуль, а затем и два научно-энергетических модуля. Предполагается создание и эксплуатация транспортных кораблей Перспективной пилотируемой транспортной системы. Все эти работы связаны с продлением срока эксплуатации МКС.

В 2008–2010 гг. РКК «Энергия» [6, 7] представила материалы на Перспективную пилотируемую транспортную систему (ППТС) нового поколения, включающую пилотируемый транспортный корабль (ПТК). ПТК (рис. 16.3) предназначен для:

- доставки экипажа в количестве до четырех человек и полезного груза массой не менее 500 кг на околоземную орбитальную пилотируемую станцию (ОПС) и их безопасного возвращения со станции на Землю;
- доставки экипажа в количестве до четырех человек и полезного груза массой не менее 100 кг на орбиту искусственного спутника Луны и их безопасного возвращения на Землю.

ПТК обеспечивает возвращение с околоземной орбитальной пилотируемой станции на Землю дополнительно двух человек (суммарная численность экипажа до 6 человек) за счет уменьшения массы возвращаемого полезного груза.

ППТС включает несколько модификаций транспортного корабля. Масса ПТК при полете к орбитальной пилотируемой станции составляет ~ 14 т, для полетов к Луне — ~ 20 т.

Корабль может совершать автономные полеты по орбите искусственного спутника Земли или орбите искусственного спутника Луны без стыковки с орбитальной пилотируемой станцией или элементами окололунной орбитальной инфраструктуры.



Рис. 16.3. Пилотируемый транспортный корабль

Конструктивно ПТК состоит из возвращаемого аппарата (ВА) и двигательного отсека (ДО). Возвращаемый аппарат предназначен для размещения экипажа и полезного груза, обеспечения жизнедеятельности экипажа, управления кораблем и осуществления управляемого спуска и посадки в атмосфере. Двигательный отсек предназначен в основном для размещения комбинированной двигательной установки, обеспечивающей управляемый полет по орбите и сход с орбиты, а также агрегатов системы терморегулирования и системы энергоснабжения.

Пилотируемый корабль нового поколения станет инновационным проектом, воплощающим новейшие тенденции развития науки и техники и создающим задел для внедрения высоких технологий в другие

отрасли промышленности. Корабль проектируется высокоавтоматизированным, построенным на основе мощной бортовой вычислительной системы и скоростных каналов межкомпьютерного обмена. Развитые вычислительные средства позволят оперативно обрабатывать большие объемы навигационной информации, что требуется, в первую очередь, в процессе стыковки и при спуске на Землю. Источником навигационной информации станет новая аппаратура управления движением, сочетающая приемники системы ГЛОНАСС с высокоточными гироскопическими и оптическими датчиками.

Выведение ПТК должно осуществляться ракетой-носителем среднего класса повышенной грузоподъемности с космодрома «Восточный». Для выполнения полета к Луне выведение ПТК должно идти на РН сверхтяжелого класса совместно со средством межорбитальной транспортировки (СМТ). СМТ (совместно с кораблем) выводится на опорную околоземную орбиту, обеспечивает выдачу отлетного импульса к Луне, торможение на окололунной орбите, дальнейшее сближение с объектами окололунной инфраструктуры и построение, поддержание ориентации совместного полета с ПТК.

Корабль должен осуществлять штатную посадку на территории Российской Федерации на сушу с точностью $R < 5$ км, для обеспечения мягкой посадки возвращаемого аппарата предполагается использовать парашютно-реактивную систему.

Наземный комплекс управления ПТК должен создаваться на базе технических средств, планирующихся к вводу в состав перспективного НКУ российского сегмента Международной космической станции, средств дальней космической связи, а также на средствах, планирующихся к размещению на космодроме «Восточный» и на станциях слежения по трассам выведения ПТК с этого космодрома.

В качестве базовых наземных средств контроля и управления используются:

- командно-измерительные станции «Клен» («Клен-СП») на пунктах слежения из состава НАКУ КА НСЭН и измерений, обеспечивающие обмен в S-диапазоне всеми видами информации с ПТК при полете на ОИСЗ;
- средства дальней космической связи типа НРТК «Спектр-Х» («Кобальт-ФГ-М», «Фобос»), которые работают в X-диапазоне и должны быть доработаны для передачи (приема) информации в S-диапазоне.

Для обеспечения глобальной связи с кораблем на ОИСЗ предусматривается использование средств спутниковой системы контроля и управления на базе средств МКСП «Луч-М», в составе орбитальной группировки из КА «Луч-5А», «Луч-5Б» и «Луч-5В», наземного

комплекса обеспечения ретрансляции в составе наземных средств приема–передачи информации через указанные КА, размещенные на трех пунктах ретрансляции с местом дислокации: ФГУП ЦНИИмаш (г. Королев), ЦКИП (г. Железнодорожск) и ВКИП (г. Угледорожск) и центра управления ретрансляцией и связью (ЦУРС) с дислокацией в ФГУП ЦУП ЦНИИмаш (г. Королев).

При осуществлении полетов ПТК к Луне для контроля и управления предусматривается привлечение зарубежных земных станций из состава международной сети станций слежения, обеспечивающих передачу в S-диапазоне и прием в X-диапазоне частот.

Управление полетом ПТК будет осуществляться при полетах по обслуживанию околоземной орбитальной инфраструктуры и при полетах к Луне. Целями управления полетом ПТК являются обеспечение выполнения задач полета, безопасности экипажа, а также безопасности кооперируемых объектов (орбитальные станции, взлетно-посадочный комплекс) на этапах совместных операций с кораблем. Достижение указанных целей идет за счет проведения работ на этапах подготовки к полету, полета ПТК от момента отделения от РКН до момента посадки, послеполетного анализа.

Процесс управления полетом включает планирование полета, реализацию разработанного плана полета, контроль полета, принятие решений по результатам контроля полета о продолжении или корректировке программы полета и реализацию принятых решений.

Оперативное управление полетом ПТК должно осуществляться в результате взаимодействия совокупности наземных и бортовых технических средств, персонала НКУ и экипажа ПТК, функционально объединенных в автоматизированную систему управления полетом (АСУП). АСУП должна обеспечивать управление полетом несколькими ПТК одновременно, осуществляющих полеты по разным программам, с возможностью одновременного проведения сеансов связи с 2 ПТК. Отметим, что в настоящее время для РС МКС обеспечивается управление полетом до 4 транспортных кораблей.

Центр управления полетами на базе ЦУП ЦНИИмаш кораблями программы ППТС должен обеспечивать:

- подготовку к управлению, а также непосредственное управление полетом ПТК на ОИСЗ при стартах ПТК с космодромов «Байконур» и «Восточный»;
- подготовку к управлению, а также непосредственное управление полетом ПТК к Луне при старте ПТК с космодрома «Восточный»;
- проведение доработок средств технических и информационно-вычислительных комплексов ЦУП ППТС (1-го этапа) для обеспечения управления полетом ПТК по результатам летных

испытаний и решения новых задач, возникающих в процессе управления полетом ПТК.

В состав ЦУП ППТС должны входить: телеметрический информационно-вычислительный комплекс, командный информационно-вычислительный комплекс, баллистический информационно-вычислительный комплекс, комплекс средств связи ЦУП, комплекс коллективных средств отображения, комплекс индивидуальных средств отображения, ИВК моделирования и информационного обеспечения, комплекс информационных обменов, комплекс информационной безопасности ЦУП, комплекс информационного обеспечения ОГУ ПТК, комплекс дата-центра ЦУП ППТС, комплекс СЕВ, комплекс средств обеспечения оперативных работ.

При модернизации и создании комплексов программно-технических средств ЦУП ППТС (1-го этапа) для надежного управления ПТК на всех участках полета предлагается использовать дата-центры, обеспечивающие консолидацию вычислительных ресурсов и средств хранения данных с применением платформ с высокой степенью интеграции вычислительных средств («блейд-систем»), а также обеспечить автоматизацию процессов контроля и управления средствами ЦУП.

16.2. Коммерческие околоземные пилотируемые программы

В 2011 г. прекратилась эксплуатация американских кораблей «Шаттл». После этого для полетов на околоземную орбиту NASA решило прибегнуть к услугам коммерческих предприятий с собственными КА и ракетами-носителями. Запуск коммерческих космических кораблей США предполагалось осуществлять в рамках программы COTS, учрежденной в 2005 г. [8]. Первоначально программа планировалась как экспериментальная, предназначенная обеспечить проверку, смогут ли коммерческие предприятия создать транспортные космические средства и продемонстрировать их работу по доставке грузов на Международную космическую станцию. В рамках программы COTS NASA был организован конкурс, победителями которого стали две сравнительно новые коммерческие компании: Space Exploration Technologies Corporation (SpaceX) и Orbital Sciences Corporation. По результатам конкурса коммерческим фирмам было выделено финансирование на разработку транспортных космических средств и демонстрацию их возможностей. Во время переговоров о финансировании между правительством США и коммерческими фирмами были сформулированы этапы разработок и оговорены детали выплат — финансирование работ правительством осуществляется только в том случае, если правительство удовлетворено результатами

выполнения очередного этапа работ. В результате для правительства обеспечивается низкая степень финансового риска, не предусмотрено никаких фондов поддержки или контрактов на дополнительные издержки. Более того, если коммерческая фирма не может завершить очередной этап работ в установленный срок, правительство имеет право на этом основании расторгнуть контракт. Кроме того, коммерческая фирма сама должна вкладывать свои средства в проект, поскольку фонда, выделяемого NASA, не достаточно для полного финансирования разработки и ее демонстрации. В обмен на это за фирмой-разработчиком остается право на интеллектуальную собственность.

Фирмой SpaceX разработана ракета-носитель «Falcon-9» («Сокол») и космический корабль «Dragon» («Дракон»), фирмой Orbital Sciences Corporation разработана ракета-носитель «Antares» («Антарес») и космический корабль «Cygnus» («Лебедь»). «Эти коммерческие транспортные средства будут доставлять от 40 до 70 % наших грузов на космическую станцию», — заявил У. Герстенмайер, подразумевая тот факт, что корабли «Шаттл» прекратили полеты после 2011 г. и на смену им пришли корабли «Dragon» и «Cygnus».

Первый пуск РН «Falcon-9» с габаритно-весовым макетом корабля «Dragon» состоялся 4 июня 2010 г. Следующий пуск с полноценным прототипом грузового корабля «Dragon» состоялся 8 декабря 2010 г. Корабль выведен на орбиту с наклоном $34,53^\circ$, перигеем 288 км и апогеем 301 км, через 3 ч 20 мин с момента старта с помощью парашютной системы с тремя основными куполами корабль опустился на поверхность Тихого океана. Управление кораблем из ЦУП (г. Хоторн, Калифорния) осуществлялось через геостационарные спутники системы TDRSS.

Корабль «Dragon» состоит из двух отсеков — герметичного спускаемого аппарата и негерметичного грузового отсека. Сухая масса корабля составляет 4200 кг, масса топлива до 1290 кг. В первом полете стартовая масса была примерно 5200 кг; предельная масса с грузом составляет 9800 кг. В отличие от всех других кораблей «капсульного типа» служебные системы корабля «Dragon», включая двигательную установку, расположены в спускаемом аппарате, что обеспечивает возможность многократного использования самых ценных частей корабля. Кроме служебных систем, в спускаемом аппарате можно разместить до 3300 кг полезного груза. На МКС можно доставлять крупногабаритные грузы. На Землю «Dragon» может возвращать до 2500 кг грузов. Таким образом, «Dragon» может служить средством возвращения оборудования и результатов экспериментов со станции на Землю. Система управления корабля позволяет реализовать полностью автономный режим сближения и стыковки с МКС с возможностью ручного управления



Рис. 16.4. Космический корабль «Dragon»

в пилотируемом варианте. Во время полетов к МКС корабль подходит к станции и зависает рядом с ней, после чего экипаж может захватить его манипулятором SSRMS, как это осуществляется с японским модулем HTV. Вид корабля «Dragon» показан на рис. 16.4.

Первый полет к МКС корабля «Dragon COTS Demo 2» состоялся 22 мая 2012 г. Ракета-носитель «Falcon-9» с КК, после нескольких переносов стартовала с космодрома на мысе Канаверал в 11:44 мск, спустя несколько минут космический корабль отделился от второй ступени ракеты и успешно вышел на промежуточную орбиту. 25 мая 2012 г., в 17:56 мск по московскому времени, корабль осуществил сближение с МКС до дистанции 10 м, был захвачен манипулятором SSRMS «Canadarm-2» и пристыкован к модулю АС МКС «Harmony». Корабль доставил на борт различные грузы и вернул на Землю оборудование с МКС. 31 мая 2012 г. корабль «Dragon» был отстыкован от МКС и в этот же день совершил посадку в точке, расположенной в Тихом океане в 740 км к юго-западу от Лос-Анджелеса.

Первый «коммерческий» старт корабля «Dragon SpaceX CRS-1» к МКС был произведен 8 октября 2012 г. Корабль состыковался с МКС 10 октября. Грузовик доставил на МКС примерно 450 кг полезного груза, в том числе материалы для проведения 166 научных экспериментов. Обрато на Землю «Dragon SpaceX CRS-1» вернул около 900 кг груза, среди которого списанные детали станции, а также свыше 330 кг результатов научных исследований. Корабль отстыковался от МКС

28 октября 2012 г. и вернулся на Землю, приводнившись в акватории Тихого океана на расстоянии около 300 км от побережья Калифорнии.

В дальнейшем планируется еще 11 экспедиций к МКС по контракту оценочной стоимостью в 1,6 млрд долл., заключенному между компанией SpaceX и NASA. Успешные летные испытания корабля «Dragon» могут ускорить создание пилотируемого варианта корабля, способного доставлять экипаж из 5–7 человек на МКС в зависимости от доставляемого груза.

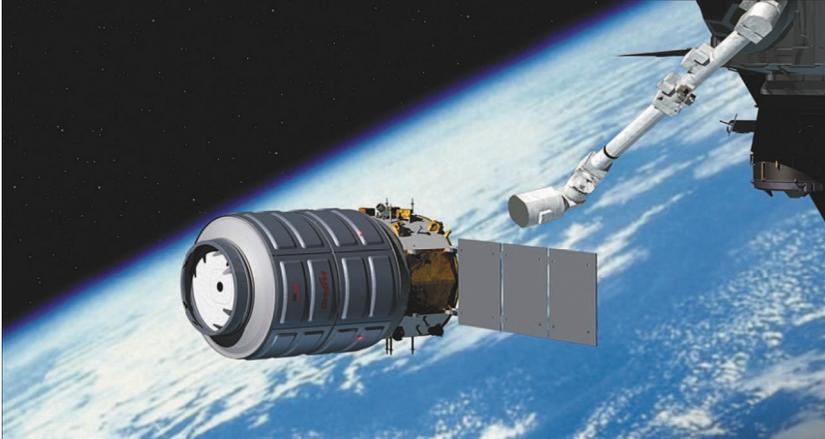


Рис. 16.5. Космический корабль «Cygnus»

Автоматический космический корабль «Cygnus» компании Orbital Sciences предназначен для доставки грузов на низкую околоземную орбиту. Имеет две модификации, способные доставлять по 2 и 2,7 т. Обе модификации также могут забрать в обратный полет 1,2 т мусора, который сгорает вместе с кораблем в атмосфере над Тихим океаном. Выводится в космос на ракете-носителе «Antares» компании Orbital Sciences. «Cygnus», аналогично КА «Dragon», стыкуется с МКС при помощи роботизированного манипулятора SSRMS «Canadarm-2» американского сегмента МКС. «Cygnus» внешне похож на разработанный Европейским космическим агентством ATV. Корабль состоит из двух модулей цилиндрической формы: отсека полезного груза и оборудованного солнечными батареями приборно-агрегатного отсека. Внешний вид корабля показан на рис. 16.5.

Первый полет корабля «Cygnus Orb-D1» состоялся 18 сентября 2013 г. и закончился успешно, хотя корабль имел проблемы в программном обеспечении при сближении со станцией. Корабль состыковался со станцией с помощью манипулятора SSRMS «Canadarm-2»

29 сентября. Корабль отстыкован от МКС 23 октября 2013 г. и был затоплен.

«Dream Chaser» («Бегущий за мечтой») — многоразовый пилотируемый космический корабль, разрабатываемый американской компанией Sierra Nevada Space Systems (SpaceDev), подразделением Sierra Nevada Corporation. Корабль предназначен для доставки на низкую околоземную орбиту грузов и экипажей численностью до 7 человек. Ввод системы в эксплуатацию планируется на 2015 г.

Конструкция базируется на проекте орбитального самолета HL-20, который NASA разрабатывало в 1990-х гг. В свою очередь, HL-20 создавался на основе известных данных (снимков) о советских экспериментальных аппаратах БОР, запущенных в 1980–1984 гг. по программе «Спираль», а также на основе программы NASA X-20 Dyna-Soar, действующей в промежутки между 1957–1963 гг., и дальнейшими экспериментальными судами, участниками программы PILOT BBC США — NASA: M2-F2, M2-F3, HL-10, X-24A, и X-24B, которые тестировались с 1966 по 1975 г., а также на основе проекта «Спейс шаттл» (1977–2011 гг.).

«Dream Chaser» может стартовать вертикально, при помощи ракеты-носителя «Атлас-5», или с воздушного старта, используя в качестве носителя самолет «White Knight Two». Посадка корабля — горизонтальная, самолетная. Предполагается не только возможность планирования, как у кораблей «Спейс шаттл», но и полноценный полет и посадка на любые взлетные полосы длиной не менее 25 км. Корпус аппарата из композитных материалов, с керамической теплозащитой, экипаж — от 2 до 7 человек.

О проекте было объявлено в 2004 г., он был представлен в качестве кандидата на участие в программе орбитальных коммерческих перевозок NASA, но не прошел отбор на первом этапе. В 2007 г. было достигнуто соглашение с United Launch Alliance о сотрудничестве в области использования ракеты «Атлас-5» для запуска аппарата. В 2008 г. SpaceDev была приобретена компанией Sierra Nevada Corporation и стала ее подразделением. 1 февраля 2010 г. Sierra Nevada Corporation получила от NASA грант 20 млн долл. на продолжение работ над проектом «Dream Chaser», а в апреле 2011 г. — дополнительный грант на 80 млн. В 2012 г. прошли успешные испытания корабля в аэродинамической трубе.

26 октября 2013 г. летный прототип был сброшен с вертолета для тестирования планирования и посадки. Однако при посадке не вышла левая стойка шасси и аппарат соскользнул с полосы, получив значительные повреждения. Вид корабля «Dream Chaser» показан на рис. 16.6.



Рис. 16.6. Космический корабль «Dream Chaser»



Рис. 16.7. Космический корабль CST-100

В январе 2014 г. было объявлено что 1 ноября 2016 г. запланирован старт для первого испытательного орбитального полета в беспилотном режиме; если все пойдет хорошо, то пилотируемый полет состоится в 2017 г.

Американская аэрокосмическая корпорация Boeing объявила также о готовности вступить в космическую гонку за право доставлять космонавтов на околоземные орбиты. Основой для коммерческих и туристических запусков на МКС и будущие орбитальные станции должен стать разрабатываемый в настоящее время многоразовый корабль-капсула Crew Space Transportation-100 (CST-100), рассчитанный на доставку на МКС экипажа до 7 человек в 2015 г. Корабль CST-100 — многоразовый (может совершать до 10 полетов), он может находиться на орбите до 7 мес, будучи пристыкованным к космической станции. Безопасное возвращение корабля CST-100 на Землю должны обеспечить парашюты, надувные подушки и теплозащита корпуса. В качестве ракеты-носителя для CST-100 корпорацией Boeing могут использоваться РН «Атлас-5», «Дельта-4» и «Falcon-9». Вид корабля CST-100 представлен на рис. 16.7.

16.3. Концепция пилотируемой лунной программы

Луна — наиболее близкое к Земле небесное тело. Поэтому исследование и в перспективе возможное освоение Луны являются в настоящее время наиболее приоритетной задачей для большинства развитых космических держав. При исследовании и освоении Луны можно выделить следующие этапы.

1. Исследование Луны автоматическими средствами.
2. Создание пилотируемой лунной орбитальной станции.
3. Создание посещаемой лунной базы.
4. Создание постоянно обитаемой лунной базы.
5. Организация промышленного производства на Луне.

За последние годы в результате автоматических орбитальных миссий «SELENE» (Япония), «Chang'e» (Китай), «Chandrayaan-1» (Индия), и «Lunar Reconnaissance Orbiter», LCROSS (США), которые стартовали в 2007–2013 гг., получены новые данные о Луне, в частности, о наличии на Луне водяного льда.

Российские комплексные исследования Луны и окололунного пространства предполагается выполнить в процессе реализации проектов «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс», которые позволят обеспечить:

- отработку технологии посадки и проведения исследований в районе Южного полюса;
- проведение исследований с орбиты Луны в районах полюсов;
- посадку КА в районе Южного полюса, проведение исследований и разведку ресурсов в полярном районе;
- сбор образцов в выбранном месте приполярного района и доставка их на Землю;

- проведение исследований с помощью лунохода, сбор и хранение образцов для возврата на Землю.

Для пилотируемых полетов на первом этапе решаются задачи определения факторов и условий будущего пребывания космонавтов на Луне, поиска и выбора мест посадки пилотируемых космических средств и размещения базы на поверхности спутника. Должны доставляться элементы первичной инфраструктуры, необходимые для реализации пилотируемых полетов (спутники-ретрансляторы, навигационные маяки и др.), осуществляться летная отработка элементов космической техники для пилотируемых полетов.

На втором этапе (после 2025 г.) выполняются одиночные пилотируемые полеты с целью реализации целевых программ, не связанных с базой на поверхности Луны, а также отработка необходимых технических средств для напланетных операций экипажа. Первые пилотируемые полеты могут проходить и без посадки на поверхность Луны. На орбите искусственного спутника Луны разворачивается лунная орбитальная станция (ЛОС), состав которой может наращиваться до нескольких модулей. Лунная орбитальная станция может также располагаться в точках Лагранжа системы Земля–Луна. В составе ЛОС могут находиться резервные корабли и резервные запасы топлива и других ресурсов, что существенно повысит безопасность пилотируемых полетов на Луну. Начинаются пилотируемые полеты с посадкой на Луну. Проводятся подготовительные работы к разворачиванию лунной базы: подтверждение места ее разворачивания, организация связи с Землей и с ЛОС, организация навигации на поверхности Луны. Длительность пребывания космонавтов на поверхности Луны может быть небольшой (до нескольких суток).

На третьем этапе (после 2030 г.) осуществляется разворачивание первичной посещаемой лунной базы на поверхности Луны и оснащение ее оборудованием с последующим увеличением числа модулей базы, наращиванием целевой нагрузки и энергоснабжения. Эта база предназначена для кратковременного (до 2 недель) пребывания космонавтов. В связи с необходимостью ее посещения и снабжения возникает постоянно действующее транспортное сообщение между Землей и Луной. Расходуемые запасы пополняются за счет доставки их с Земли.

На четвертом этапе (после 2035 г.) для длительного пребывания космонавтов на Луне посещаемая база развивается до постоянно действующей лунной базы. Создается радиационное убежище или жилые модули засыпаются необходимым слоем лунного грунта, создается энергетический модуль (на базе ядерного реактора) для обеспечения базы электроэнергией. В связи с этим становится возможным получение расходуемых запасов жизнеобеспечения и компонентов ракетного топлива за счет производства их из местного сырья. Таким образом,

возможен переход к следующему этапу — организации производства на поверхности Луны.

Промышленное производство на Луне на пятом этапе (после 2040 г.) требует доставки на поверхность Луны и развертывание производственного оборудования. Лунная производственная программа потребует доставки дополнительных модулей для лунной базы и целевого оборудования, а также дальнейшего наращивания средств электроснабжения. После начала производственного этапа расходуемые материалы, получаемые на Луне, постепенно будут во все большей степени замещать материалы, доставляемые с Земли. А в дальнейшем, возможно, возникнет потребность в средствах для регулярной доставки на Землю или в космос продукции лунного производства. В дальнейшем можно предполагать расширение промышленного использования Луны и лунных ресурсов в интересах человечества и создание лунных поселений (колонизация Луны).

16.4. Концепция пилотируемой марсианской программы

Марс по своим характеристикам — наиболее похожая на Землю планета. Есть предположения, что на Марсе ранее была более плотная атмосфера и на поверхности — жидкая вода. Все это указывает на возможное существование жизни на Марсе, реликтовой или настоящей. С точки зрения сравнительной планетологии важно изучение истории климата Марса и поиск жизни или ее следов. Кроме того, на Марсе могут находиться недостаточно известные в настоящее время природные ресурсы. Различные вопросы пилотируемых полетов на Марс отражены в монографии [9]. В настоящее время программы исследований и освоения Марса разрабатываются ведущими космическими агентствами. Основная цель этих программ — поиск жизни, детальные исследования атмосферы, поверхности, внутреннего строения Марса, разведка условий для подготовки пилотируемого полета на Марс.

Исследование и освоение Марса являются более сложными и дорогостоящими по сравнению с исследованием и освоением Луны, при этом можно выделить следующие этапы.

1. Исследование Марса автоматическими средствами.
2. Единичные пилотируемые полеты, развертывание исследовательской базы на поверхности планеты.
3. Создание постоянно действующих баз на поверхности Марса, начало использования ресурсов Марса.
4. Развертывание промышленного производства на поверхности планеты.

Ближайшие исследования Марса, в которых примет участие Федеральное космическое агентство совместно с Европейским космическим агентством, планируется провести в рамках программы «Экзомарс». Марсианский научный орбитальный аппарат, который будет запущен в январе 2016 г., доставит статическую метеорологическую станцию «Экзомарса», а затем приступит к нанесению источников метана и других газов на карту Марса и при этом поможет выбрать место для посадки ровера «Экзомарс», который, в свою очередь, будет запущен в 2018 г. Предполагается, что присутствие метана в атмосфере Марса — это результат либо деятельности современной жизни, либо геологической активности.

При дальнейших исследованиях Марса автоматическими средствами предполагается: создание сети малых станций в целях изучения атмосферы и климата Марса; доставка образцов грунта с Марса, что поможет ответить на вопрос о существовании настоящей или реликтовой жизни; проведение других исследований, необходимых для осуществления пилотируемых полетов на Марс. Для пилотируемых полетов на первом этапе решаются задачи определения факторов и условий будущего пребывания космонавтов на планете, поиска и выбора мест посадки пилотируемых космических средств и размещения исследовательской базы. Предполагается доставка элементов первичной инфраструктуры, необходимых для осуществления пилотируемых полетов (автоматических аппаратов связи, навигации и мониторинга, размещаемых на околомарсианской орбите и на поверхности планеты).

На втором этапе (после 2035 г.) выполняются одиночные пилотируемые полеты с целью реализации целевых программ. Создается марсианская орбитальная станция, происходит развертывание исследовательской базы на поверхности Марса, оснащение ее оборудованием с последующим наращиванием объема базы (добавление новых модулей), целевой нагрузки и энергоснабжения. Первоначально эта база предназначена для кратковременного (до 2–3 мес) пребывания космонавтов. В связи с необходимостью ее посещения и снабжения возникает регулярное транспортное сообщение между Землей и Марсом. Расходуемые запасы первоначально пополняются за счет доставки их с Земли, с постепенным переходом на местные ресурсы по мере технологической готовности. Предполагается унификация элементов марсианской и лунной баз, а также необходимых транспортных средств (луноходы и марсоходы), электростанций (на базе ядерных реакторов).

На третьем этапе (после 2040 г.) осуществляется создание постоянно действующих баз на поверхности Марса, начало использования ресурсов Марса. На этом этапе становится целесообразным получение расходуемых запасов жизнеобеспечения и, возможно, компонентов ракетного топлива для взлетных ступеней за счет производства

их из марсианского сырья. Таким образом, осуществляется постепенный переход к следующему этапу — организации производства на поверхности Марса, для чего требуется доставка на поверхность и развешивание производственного оборудования.

На четвертом этапе (после 2050 г.) осуществляется организация промышленного производства на поверхности планеты.

В настоящее время отсутствуют государственные программы пилотируемых полетов на Марс, однако прорабатываются различные концепции реализации пилотируемых полетов. РКК «Энергия» подготовила проект марсианского экспедиционного комплекса (МЭК), в состав которого входят: многоразовый межорбитальный буксир с ядерной энергоустановкой и электрической ракетной двигательной установкой, межпланетный корабль с заправленными баками рабочего тела для межорбитального буксира, складской модуль, пилотируемый марсианский взлетно-посадочный комплекс в аэродинамическом контейнере или грузовой посадочный комплекс в аналогичном исполнении, пилотируемый корабль для доставки с Земли на МЭК экипажа и возвращения его с МЭК на Землю, кислородно-водородный разгонный блок для сообщения пилотируемому кораблю необходимых импульсов скорости (в том числе при полете к МЭК). Концепцию реализации международных миссий для освоения Луны и Марса представил ГКНПЦ им. М. В. Хруничева [10].

Для реализации концепции пилотируемых полетов на Марс требуется создание: наземной космической инфраструктуры, транспортной системы, околomarсианской инфраструктуры, марсианской напланетной инфраструктуры. Все это, как и для лунных пилотируемых полетов, требует больших экономических затрат, поэтому реализация возможна только в рамках тесного международного сотрудничества.

Литература

1. *Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В.* Проектирование информационно-управляющих систем долговременных орбитальных станций. — М.: Наука, 2002.
2. *Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е.* Управление космическими полетами. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. Ч. 1, 2009; Ч. 2, 2010.
3. *Новости космонавтики*, № 12, 2010.
4. *Лопота В.А.* Космическая миссия поколений XXI века // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», № 7, 2010.
5. <http://www.cybersecurity.ru/space/67717.html>

6. Брюханов Н.А. На смену славно потрудившемуся «Союзу». Инженерная газета «Индустрия» № 25–26 (1491–1492), 2009 г.
7. Новости космонавтики, № 11, 2008; № 12, 2009; № 2, 2010; № 2, 2011.
<http://www.spacex.com/>; <http://www.spacex.com/falcon9.php>;
<http://www.spacex.com/dragon.php>, <http://www.orbital.com/>
8. Пилотируемая экспедиция на Марс. Российская академия космонавтики им. К. Э. Циолковского. Москва–Королев, 2006.
9. Новости космонавтики, № 3, 2011.

Научное издание

МИЛЬКОВСКИЙ А.Г. ДАНИЛЮК А.Ю.
КРИКАЛЕВ С.К. МАТЮШИН М.М.
БЕЛЯВСКИЙ А.С. ВАСИЛЬЕВ Л.П.
ЛОБАЧЕВ В.И. ТАЛАЛАСОВ С.В.
ТИТОВ А.М. ТОЧИЛО В.В.

ПИЛОТИРУЕМАЯ КОСМОНАВТИКА РОССИИ

Редактор *В.Р. Игнатова*
Оригинал-макет: *Е.В. Макеев*
Оформление переплета: *Д.Б. Белуха*

Подписано в печать . Формат 60×90/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,75. Уч.-изд. л. 17,325. Тираж экз.
Заказ №

Издательская фирма «Физико-математическая литература»
МАИК «Наука/Интерпериодика»
117997, Москва, ул. Профсоюзная, 90
E-mail: fizmat@maik.ru, fmlsale@maik.ru;
<http://www.fml.ru>

Неизвестная типография

...
...
...
...

ISBN 978-5-9221-1636-7



9 785922 116367