

◆ СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ◆

УДК 629.192.3
DOI 10.17285/0869-7035.0073

М. Ю. БЕЛЯЕВ

**ОТ РАКЕТЫ Р-7 И ПЕРВОГО ПОЛЕТА ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС
ДО ПОСТОЯННОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ
ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ**

Приводится краткая история подготовки и выполнения первого в мире пилотируемого полета на космическом корабле «Восток». Рассматриваются основные задачи и проблемы, решение которых позволило состояться этому историческому событию. Описываются последующие достижения отечественной пилотируемой космонавтики, включая создание 50 лет назад и эксплуатацию на орбите первой в мире орбитальной станции «Салют». Анализируется роль человека в ходе космического полета. Обсуждаются задачи, возникшие на космической орбите, решение которых позволило повысить надежность и эффективность космического полета с участием экипажа. Приведены примеры работы космонавтов в полетах орбитальных станций «Салют», орбитального комплекса «Мир», Международной космической станции. Обосновывается необходимость участия космонавтов в выполнении исследований и экспериментов на орбитальных станциях, приводятся примеры положительных результатов этой работы.

Ключевые слова: космический полет, ракета-носитель, орбитальная станция.

Беляев Михаил Юрьевич. Доктор технических наук, профессор, начальник отдела, заместитель руководителя центра ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева» (г. Королев Московской обл.); заведующий кафедрой систем автоматического управления космического факультета МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Мытищи Московской обл.). Заслуженный изобретатель РФ. Лауреат Государственной премии РФ. Действительный член международной общественной организации «Академия навигации и управления движением».

Статья по приглашенному докладу на XXVIII Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам, 2021.

Введение

Успехи отечественной космонавтики в большой степени были обусловлены созданием знаменитой боевой ракеты Р-7 [1], которое позволило вывести на орбиту первый искусственный спутник Земли, осуществить первый полет человека в космическое пространство, впервые сфотографировать обратную сторону Луны и добиться многих других результатов [1–5].

Р-7 – боевая двухступенчатая ракета. Ее основной задачей была доставка ядерного заряда в любую точку территории вероятного противника. Предварительные теоретические работы по созданию такой ракеты начались в 1950 г. В 1953 г. в ОКБ-1 (ныне – РКК «Энергия») в соответствии с постановлением от 13 февраля 1953 г. были развернуты работы по проекту двухступенчатой баллистической ракеты дальнего действия массой до 170 т с отделяющейся головной частью массой 3000 кг и дальностью 8000 км. В октябре 1953 г. проектное задание изменилось: масса боевого заряда была увеличена до 3000 кг, а масса головной части ракеты – до 5500 кг, дальность полета осталась прежней. Новое требование оказалось завышенным с военной точки зрения, однако оно послужило основой для развития отечественной пилотируемой космонавтики.

В феврале 1954 г. были согласованы основные этапы отработки ракеты, и 20 мая 1954 г. принято постановление о разработке двухступенчатой баллистической ракеты Р-7 (8К71), которым были определены головной разработчик – им стало ОКБ-1 НИИ-88 – и соисполнители: ОКБ-456 (двигатели), НИИ-885 (система управления), ГСКБ «Спецмаш» (наземное оборудование), НИИ-10 (гироприборы), КБ-11 (специальный заряд) и НИИ-4 МО (полигонные испытания) [1].

Создание ракеты Р-7. Запуск первого в мире спутника Земли

Опыта создания двухступенчатых ракет в это время не было ни в нашей стране, ни за рубежом. Ракета Р-7 представляет собой результат творческого подхода к решению сложнейших задач в области новой техники.

Эскизный проект по ракетному комплексу Р-7 был готов в июле 1954 г. Конструкция Р-7 принципиально отличалась от конструкций всех ранее разработанных ракет своей компоновочной и силовой схемами, размерами и массой, мощностью, количеством систем и т.д. Она состояла из четырех одинаковых боковых ракетных блоков, которые крепились к центральному блоку. Внутренняя компоновка боковых и центральных блоков была такой же, как у одноступенчатых ракет с передним расположением бака окислителя. Топливные баки всех блоков являлись несущими. Двигатели всех пяти блоков начинали работать с Земли. При разделении ступеней боковые двигатели отключались, а центральная часть продолжала полет.

Эскизный проект рассматривала специально созданная экспертная комиссия во главе с академиком М.В. Келдышем, в состав которой вошли видные ученые и специалисты. Ее решение было положительным, и 20 ноября 1954 г. проект ракеты Р-7 был одобрен Советом Министров СССР, а 11 марта 1955 г. утвержден С.П. Королевым.

Первая ракета Р-7 прибыла на техническую позицию полигона для проведения летных испытаний уже в марте 1957 г., ее пуск состоялся 15 мая 1957 г. Полет проте-

кал нормально до 60-й секунды, затем в хвостовом отсеке стали заметны изменения в истекающих из двигателей газах, и на 98-й секунде отвалился боковой блок Д, после чего ракета потеряла устойчивость. Причиной аварии стала негерметичность топливной магистрали. Второй пуск, назначенный на 11 июня 1957 г., не удался: после трех попыток ракета была снята с пускового устройства и возвращена на техническую позицию. Третий пуск состоялся 12 июля 1957 г. На 33-й секунде полета ракета потеряла устойчивость из-за замыкания на корпус цепей управляющего сигнала. Четвертый пуск 21 августа 1957 г. оказался успешным – ракета впервые достигла района цели на Камчатке.

Во второй половине 1956 г. было принято решение о подключении Куйбышевского авиационного завода №1 к серийному изготовлению Р-7, для организации которого ведущий конструктор Д.И. Козлов по указанию С.П. Королева получил назначение в г. Куйбышев (ныне г. Самара). К созданию ракетной, а затем и ракетно-космической техники были привлечены ведущие предприятия города и области. Таким образом, в Куйбышеве-Самаре был создан крупнейший центр советской, а впоследствии и российской, ракетно-космической отрасли.

Летные испытания ракет продолжились. С 24 декабря 1958 г. по 27 ноября 1959 г. было испытано 16 ракет, восемь из которых были изготовлены серийно на заводе «Прогресс».

Постановлением от 20 января 1960 г. межконтинентальная баллистическая ракета Р-7 (8К71) была принята на вооружение Советской Армии.

Параллельно с работой над Р-7 С.П. Королев постоянно возвращался к идее практического и научного освоения космоса. Воплощение этой его мечты стало возможным благодаря ракете.

16 марта 1954 г. состоялось совещание у академика М.В. Келдыша, где были определены научные задачи, решаемые с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ).

27 мая 1954 г. С.П. Королев обратился к Д.Ф. Устинову с предложением о разработке ИСЗ, изложенным в докладной записке «Об искусственном спутнике Земли», подготовленной М.К. Тихонравовым.

В августе 1954 г. Совет Министров СССР утвердил предложения, касающиеся решения задач, связанных с космическим полетом. Постановление о начале работ над ИСЗ было принято 30 января 1956 г. Оно предусматривало создание в 1957–1958 гг. и выведение ракетой типа Р-7 неориентированного ИСЗ массой 1000–1400 кг с аппаратурой для научных исследований массой 200–300 кг (объект Д).

В этом же постановлении общее научное руководство и обеспечение аппаратурой для исследований возлагалось на Академию наук СССР, создание ИСЗ как носителя аппаратуры для научных исследований – на Министерство оборонной промышленности. Головным исполнителем по созданию ИСЗ было определено ОКБ-1, и к июлю 1956 г. эскизный проект в ОКБ-1 был уже готов. Соответствующие проекты были разработаны и смежными организациями, отвечающими за систему управления, наземный пусковой комплекс и т.д.

Предполагалось, что с помощью научной аппаратуры создаваемого спутника Д будут измеряться плотность и ионный состав атмосферы, корпускулярное излучение Солнца, магнитные поля, изучаться космические лучи и т.д.

К концу 1956 г. выяснилось, что в намеченные сроки спутник и научная аппаратура не будут готовы. В связи с этим ОКБ-1 внесло предложение о запуске простейше-

го спутника массой до 100 кг в апреле–мае 1957 г. 15 февраля 1957 г. было принято постановление, предусматривающее выведение простейшего неориентированного спутника Земли (объект ПС) на орбиту, проверку возможности наблюдения за ПС на орбите и прием передаваемых им сигналов.

Пуск ракеты-носителя (РН) 8К71ПС №М1-ПС с первым ИСЗ состоялся 4 октября 1957 г. в 22 ч 20 мин по московскому времени (это был пятый пуск ракеты Р-7). Спутник, отправленный на орбиту, представлен на рис. 1. Вторая ступень ракеты со спутником вышла на орбиту с перигеем 228 км, апогеем 947 км и периодом обращения 96,2 мин.



Рис. 1. Подготовка первого спутника Земли к старту

Запуск первого ИСЗ оказался неожиданным для зарубежных стран. Вся мировая пресса писала об этом событии.

Пуск ракеты со вторым ИСЗ, организованный и подготовленный менее чем за месяц по указанию руководства страны к 40-летию Октябрьской революции, был произведен 3 ноября 1957 г., при этом впервые в полет отправилось живое существо – собака Лайка.

15 мая 1958 г. состоялся успешный пуск модифицированной ракеты РН8А91 № Б1-2 и третий, научный ИСЗ массой 1327 кг вышел на орбиту и просуществовал до 6 апреля 1960 г., т.е. в течение 692 сут.

Следующим шагом были полеты к Луне космических аппаратов «Луна-1», «Луна-2», «Луна-3». Второй из них 14 сентября 1959 г. доставил вымпел СССР на поверхность Луны, с помощью третьего в октябре 1960 г. впервые были получены фотографии обратной стороны Луны. Это были большие успехи С.П. Королева и возглавляемого им знаменитого предприятия в Подлипках [2–5].

Далее были созданы спутники «Зенит-2» для фотографирования земной поверхности, а также спутник «Электрон» для изучения околоземного космического пространства.

Впереди был полет человека.

Корабль «Восток» и первые пилотируемые полеты на орбиту

Работы по созданию пилотируемого корабля в ОКБ-1 начались весной 1957 г. в специально сформированном проектно-конструкторском отделе 9 под руководством М.К. Тихонравова. Проект космического корабля (КК) базировался на идее использования ракеты Р-7. Исследования проводились с сентября 1957-го по январь 1958 г. в ОКБ-1.

В результате были получены следующие выводы [1]:

- на орбиту ИСЗ с помощью доработанной трехступенчатой ракеты можно вывести КК массой 4,5-5,5 т, разместив на нем человека, необходимое служебное и научное оборудование;
- для первых полетов человека целесообразно использовать баллистическую схему спуска с орбиты;
- при спуске КК с орбиты температура его поверхности достигает 2500-3500 °С, а максимальные осевые перегрузки – 8-9 единиц, что допустимо при действии в направлении «грудь–спина»;
- воздействие высоких температур требует тепловой защиты, масса которой составит 1300-1500 кг;
- для первых полетов целесообразно выбрать круговую орбиту с минимально допустимой высотой 250 км;
- в качестве формы спускаемого аппарата (СА) для первых полетов, в котором будет находиться человек, можно рекомендовать сферу;
- на КК человек во время полета может находиться в СА;
- надежное приземление пилота обеспечивается его программным катапультированием на высоте 8-10 км;
- КК должен иметь систему управления и ориентации, при этом в качестве исполнительных органов можно использовать вращающиеся массы и реактивные силы (рабочее тело – сжатый газ);
- необходимы системы контроля орбиты и выдачи команд с наземных пунктов управления, а также двусторонняя радиотелефонная связь;
- оборудование для орбитального полета и тормозную двигательную установку целесообразно разместить в отдельном отсеке;
- для обеспечения надежности необходимо провести экспериментальную отработку систем КК в стендовых условиях, систем катапультирования и приземления при бросковых испытаниях с самолетов и при пусках ракет Р-2 или Р-5.

Осенью 1958 г. началась разработка конструкторской документации, а также выдана техническая задача на создание бортовых систем корабля.

22 мая 1959 г. вышло постановление правительства, поставившее задачу по разработке экспериментального варианта корабля-спутника, на основе которого планировалось создать спутник-разведчик и корабль для полета человека. Главным исполнителем по кораблю было определено ОКБ-1. В ряде последующих постановлений уточнялись задачи и сроки создания первого пилотируемого корабля.

Постановлением правительства от 11 октября 1960 г. было предписано осуществить запуск КК «Восток» с человеком на борту в декабре 1960 г.

КК «Восток» состоял из СА массой 2,4 т и приборного отсека массой 2,3 т, в котором располагалась тормозная двигательная установка (ТДУ) с двигателем. По завершении орбитального полета СА возвращался на Землю. Космонавт в СА

находился в скафандре, который в случае разгерметизации кабины мог обеспечить жизнедеятельность космонавта в течение 4 часов, а также защиту космонавта при катапультировании из гермокабины на высоте 10 км.

Необходимо было добиться надежного построения ориентации КК перед выдачей тормозного импульса, так как в случае ошибки спуск будет невозможен. Система управления КК «Восток» разрабатывалась под руководством заместителя главного конструктора Б.Е. Чертока в отделе 27, начальником которого был Б.В. Раушенбах [6]. Система ориентации имела два независимых режима: автоматический и ручной. В качестве исполнительных органов использовались два идентичных комплекта микродвигателей (по 8 в каждом), работающих на сжатом азоте, запас которого составлял 10 кг. В состав автоматической системы ориентации входили датчики положения Солнца, угловой скорости и счетно-решающий блок. Датчики угловой скорости представляли собой двухстепенные поплавковые гироскопы с механической обратной связью. В состав контура ручного управления входили оптический прибор для визуальных наблюдений, датчики угловой скорости, ручка ориентации, блок логики и формирования управляющих сигналов. Непосредственное наблюдение подстилающей поверхности через центр экрана оптического прибора (ориентатор «Взор») давало возможность контролировать направление полета.

28 июля 1960 г. из-за выхода из строя РН пуск корабля с подопытными животными оказался неудачным. Запуск подопытных животных с успешным их возвращением был осуществлен 19 августа 1960 г., а 20 августа собаки Белка и Стрелка были возвращены на Землю. При запуске корабля 1 декабря 1960 г. произошел отказ в системе управления работой ТДУ и спуск в нерасчетном районе. СА, на борту которого находились собаки Пчелка и Мушка, пришлось подорвать. Во время очередного запуска корабля 22 декабря 1960 г. произошла авария на РН. СА аварийно отделился и нормально приземлился, совершив суборбитальный полет. При спуске СА катапульта отказала, и это спасло жизнь собакам Комете и Шутке, которые в сильный мороз остались в СА, приземлившись аварийно в нерасчетном месте.

В конце 1960 г. – начале 1961 г. была изготовлена серия кораблей ЗКА для летной отработки в беспилотном варианте. Так как ТДУ была единственной системой, не имевшей дублирования на борту, эти функции дополнительно обеспечивались естественным торможением корабля в атмосфере. За счет выбора высоты перигея время существования корабля составляло до 10 сут.

Запуск ЗКА №1 состоялся 9 марта 1961 г. Корабль был укомплектован всеми бортовыми системами, на нем находились также собака Чернушка и манекен. Программа полета была выполнена, аппаратура работала безотказно, СА с собакой нормально приземлился, а манекен штатно катапультировался. Пуск ЗКА №2 с собакой Звездочкой также завершился успешно.

Экспериментальная отработка пилотируемого корабля «Восток» в летных условиях была завершена. Подводя ее итоги, следует отметить, что к данному этапу было произведено 46 пусков ракеты-носителя (РН) Р-7 (I и II ступени ракеты 8К71) и 16 запусков блока Е (III ступень) РН 8К72. Из 16 блоков Е шесть не сработали из-за аварии на РН и два – из-за аварии на самом блоке. Из семи кораблей «Восток» два (1К и ЗКА) не вышли на орбиту из-за крушения РН на активном участке траектории, а два не полностью выполнили задачи полета.

Летные испытания показали также, что после четвертого витка полета у собак, находившихся на кораблях «Восток», стали наблюдаться некоторые физиологиче-

ские изменения. Это заставило планировать первый полет человека продолжительностью в один виток вокруг Земли, а также максимально автоматизировать управление кораблем.

Программа пилотируемых космических полетов на кораблях «Восток», принятая Государственной комиссией, предусматривала запуск шести кораблей, из которых планировалось два групповых полета в составе двух кораблей. К полету готовилась также первая женщина-космонавт.

КК «Восток» с первым космонавтом Ю.А.Гагариным стартовал 12 апреля 1961 г. в 9 час 06 мин 59,7 с. (рис. 2). Корабль массой 4725 кг был выведен РН 8К72 со стартовой массой 287 т на орбиту с перигеем 181 км и апогеем 327 км. Позднее РН 8К72 также получил название «Восток». Пуском руководили С.П. Королев, А.С. Кириллов, Л.А. Воскресенский. Полет первого космонавта продолжался 108 мин. Приземлился Ю.А. Гагарин в Саратовской области у берега Волги. Это было выдающееся достижение – началась эра полетов человека в космос, а 12 апреля с тех пор ежегодно отмечается как День космонавтики.

Как известно, из-за нештатного отключения двигателей второй ступени РН корабль «Восток» после выведения вышел на орбиту с апогеем, превышающим более чем на 110 км расчетное значение [7]. Это было серьезной нештатной ситуацией, поскольку в случае отказа ТДУ естественный спуск со столь высокой орбиты становится чрезмерно длительным. При штатном выведении корабля время его существования на орбите составляло до 10 сут., что позволяло космонавту находиться в нем до приземления. Время существования корабля «Восток» на фактической орбите выведения составляло 22 сут., что означало невозможность спасения Ю.А. Гагарина при отказе ТДУ [7].

После выхода корабля «Восток» из тени Земли и построения требуемой ориентации была включена ТДУ корабля. Тормозной импульс был выполнен с некоторой недоработкой, что определило фактическое место посадки Ю.А.Гагарина у деревни Смеловка Саратовской области в 5 км от левого берега Волги. Как показывают расчеты [7], если бы величина тормозного импульса оказалась на 0,43 м/с больше, то Ю.А. Гагарин приводнился бы на середину Волги, имеющей в этом районе большую ширину, что сильно усложнило бы его спасение [7].

6 августа 1961 г. был запущен корабль «Восток-2» с летчиком-космонавтом Г.С. Титовым. Полет продолжался 25 часов и был успешно завершён. На КК «Восток-2» была установлена профессиональная кинокамера «Конвас», доработанная для бортовых съемок. С ее помощью через иллюминатор была выполнена съемка Земли.



Рис. 2. Запуск космического корабля «Восток» с Ю.А. Гагариным

Через год был осуществлен одновременный полет двух пилотируемых КК. 11 августа 1962 г. был запущен корабль «Восток-3» с А.Г. Николаевым, а на следующий день – «Восток-4» с П.Р. Поповичем. Орбитальный полет КК «Восток-3» длился 94 ч, КК «Восток-4» – 71 ч.

Следующий групповой полет состоялся в июне 1963 г. 14 июня стартовал КК «Восток-5» с В.Ф. Быковским, а 16 июля – КК «Восток-6» с первой женщиной-космонавтом В.В. Терешковой. Полет В.Ф.Быковского продолжился 120 ч, а В.В.Терешковой – 72 ч.

Полеты пилотируемых кораблей повлекли за собой создание службы обнаружения, технического обслуживания и эвакуации кораблей и их частей, а также космонавтов с места приземления.

Полученный при постройке КК «Восток» опыт был использован в проектах трехместного корабля «Восход» (ЗКВ) и двухместного корабля «Восход-2» (ЗКД), но с рядом изменений: экипаж корабля размещался в СА без скафандров, был сконструирован новый комплекс средств приземления, не требующий катапультирования экипажа.

12 октября 1964 г. был запущен трехместный пилотируемый корабль ЗКВ, получивший в печати название «Восход». Его полет с космонавтами В.М. Комаровым, К.П. Феоктистовым, Б.Б. Егоровым продолжился 24 ч и закончился благополучно. Это было первое испытание многоместного КК.

Следующим шагом стал выход человека в открытый космос на КК «Восход-2». Конструкция корабля была доработана, чтобы обеспечить выход космонавта в открытый космос: введена система шлюзования, исключено третье кресло, а в двух других космонавты должны были размещаться в скафандрах. Шлюз для выхода в космос был надувным и устанавливался на одном из люков СА, в крышке которого был сделан лаз диаметром 700 мм. Наружный диаметр шлюза составлял 1200 мм, внутренний – 1000 мм, высота в развернутом состоянии – 2500 мм и 770 мм в сложенном, масса – 250 кг.



Рис. 3. Сергей Павлович Королев на Байконуре

Корабль «Восход-2» с П.И. Беляевым и А.А. Леоновым стартовал 18 марта 1965 г. Во время этого полета А.А. Леонов впервые в мире вышел в открытый космос и находился там 12 мин. Полет КК «Восход-2» продолжался 26 часов. При спуске произошел отказ автоматической системы ориентации, поэтому экипаж вручную строил необходимую для спуска ориентацию и запускал ТДУ. Посадка произошла в нерасчетном месте – в лесу Пермской области, поэтому космонавтов с места посадки эвакуировали только на третьи сутки.

Успехи страны в освоении космического пространства были связаны с С.П. Королевым (рис. 3). 14 января 1966 г. наша страна и ОКБ-1 потеряли главного конструктора – С.П. Королев умер во время операции.

Анализируя причины успехов главного дела Королева, необходимо отметить, что в нем сочетались и талантливый, даже гениальный,

инженер, и организатор. Он глубоко понимал сложные технические проблемы и был способен найти их блестящее решение. Королев умел решать и кадровые вопросы: в ОКБ-1 работало много талантливых специалистов. В те годы существовала система распределения молодых специалистов, что позволяло направлять в ОКБ-1 лучших выпускников лучших вузов, однако Королев организовал в 1959 г. при Московском лесотехническом институте рядом с ОКБ-1 факультет электроники и системотехники – знаменитый ФЭСТ (ныне космический факультет Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э.Баумана) и факультет ракетно-космической техники в Подлипках. Сегодня эти факультеты обеспечивают основной приток молодых специалистов в РКК «Энергия». Благодаря своему авторитету Королев имел «прямой выход» на руководство страны, что позволяло ему решать как технические, так и социальные вопросы. Подлипки при Королеве преобразились: многие работники предприятия получили современные по тем временам квартиры.

Королев мыслил в государственном масштабе – многие достижения ОКБ-1 впоследствии развивались другими предприятиями страны: производство ракеты Р-7 и спутников наблюдения Земли было передано в Самару, спутники связи – в Красноярск, спутники для изучения дальнего космоса – в НПО им. Лавочкина. С уходом С.П. Королева ситуация начала меняться в худшую сторону. Как писал позднее Б.В. Раушенбах, «полководец ушел и армия ослабела».

6 марта 1966 г. приказом министра общего машиностроения ОКБ-1 было переименовано в Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения (ЦКБЭМ), а опытный завод 88 – в Завод экспериментального машиностроения (ЗЭМ). ЦКБЭМ возглавил В.П. Мишин, назначенный главным конструктором после смерти С.П. Королева.

Корабль «Союз» и пилотируемые орбитальные станции

ЦКБЭМ продолжало работы, начатые при С.П. Королеве. Особого внимания заслуживает создание транспортного корабля «Союз» и долговременной орбитальной станции «Салют».

В отличие от «Востока» пилотируемые корабли «Союз» проектировались для решения целевых задач. В 1960 г. в ОКБ-1 в отделе 9 М.К. Тихонравова параллельно с КК «Восток» рассматривались другие варианты пилотируемых кораблей, в частности для облета Луны, что требовало сборки на орбите и, соответственно, создания средств сближения и стыковки КК.

Проблемой сближения КК на орбите занимался отдел 27, руководимый Б.В. Раушенбахом [8]. Сближение разделялось на два участка – дальний и ближний. При дальнем сближении использовался метод свободных траекторий, когда на основе прогноза движения выбираются наиболее экономичные с точки зрения расхода топлива траектории. Поскольку в те годы еще не было необходимых бортовых вычислителей, реализовать этот метод при сближении на ближнем участке было невозможно. В результате был разработан метод параллельного сближения, при котором линия визирования (линия наблюдения пассивного КК с активного) осуществляет поступательное движение [9]. Кроме того, требовалось также измерение параметров относительного движения. Рассматривалось несколько вариантов решения этой задачи. Предпочтение отдали радиотехнической системе «Игла», ТЗ на создание кото-

рой ОКБ-1 выдало в 1963 г. Для управления процессом сближения отдел 27 разработал логический командный прибор – блок управления сближением.

Выполненные в ОКБ-1 исследования по методам и средствам сближения КК позволили обеспечить экспериментальные стыковки кораблей «Союз» (7К-ОК), а также заложили фундаментальные основы для решения подобных задач на многие годы вперед. Научно-технические и проектные исследования по поиску и выбору основных технических решений корабля «Союз» проводились в 1960–1963 гг. В результате были определены характеристики КК «Союз» (7К) [1], которых было необходимо достичь:

- размещение экипажа из двух человек и обеспечение ему комфортных условий полета за счет введения в состав комплекса 7К бытового отсека;
- введение в состав корабля средств автоматического сближения и стыковки, а также ручного сближения и управления;
- усовершенствование бортовых систем корабля в соответствии с целями и задачами полета;
- возможность входа в атмосферу с первой и со второй космическими скоростями и обеспечение управляемого спуска с пониженными перегрузками за счет аэродинамического качества;
- обеспечение посадки СА с космонавтами с помощью парашютно-реактивной системы, имеющей в качестве резерва запасную парашютную систему;
- возможность увода СА от аварийной РН с помощью твердотопливных двигателей.

В 1963 г. в период работы над «Восходами» С.П. Королев поручил проработать вопрос о возможности использовать для орбитальных полетов и трехместный корабль 7К.

Для корабля «Союз» создавались новые бортовые системы. Кроме того, большое внимание уделялось надежности и безопасности полета: следовали общему принципу, что единичный отказ любой системы не должен приводить к опасным последствиям. Применялось дублирование и резервирование.

Система ориентации и управления движением (СОУД) обеспечивала:

- ориентацию корабля в инерциальной и орбитальной системах координат;
- выполнение орбитальных маневров;
- сближение и причаливание кораблей;
- ориентацию солнечных батарей на Солнце.

В качестве датчиков СОУД использовались трехстепенные гироскопы, датчики угловых скоростей, акселерометры, инфракрасный датчик вертикали Земли, а также звездный, солнечный, ионный датчики. Параметры относительного движения кораблей измеряла радиотехническая система «Игла».

Проектная разработка КК «Союз» была полностью завершена в 1965 г. Корабль 7К-ОК предназначался для полета экипажа из трех человек и был построен в «активном» и «пассивном» вариантах, что обеспечивало стыковку двух пилотируемых кораблей. Была предусмотрена возможность перехода экипажа из корабля в корабль через открытый космос. Для этого «Союз» оснащался средствами шлюзования и выхода, включая скафандры для выхода в открытый космос. При этом полетные скафандры, защищающие космонавтов в случае разгерметизации жилых отсеков, не предусматривались.

7К-ОК имел следующие характеристики [1]:

- стартовая масса – 6460-6560 кг;
- масса спускаемого аппарата – ~2800 кг;

- количество членов экипажа – 1-3 человека;
- длина корабля – 7,6 м;
- диаметр жилых отсеков – 2,2 м;
- максимальный диаметр – 2,72 м;
- время активного существования на орбите – 3–10 сут.;
- свободный объем жилых отсеков – 6,5 м³.

Поскольку считалось, что нельзя допустить большого перерыва между пилотируемыми полетами после успешной серии запусков КК «Восток» и «Восход», производство первых «Союзов» и их подготовка к намеченному в 1966 г. пуску шли ускоренными темпами.

Пилотируемый пуск «Союза-1» с космонавтом В.М. Комаровым на борту состоялся перед праздником 1-го Мая – 23 апреля 1967 г. После выведения КК на орбиту проявились неисправности: не раскрылась одна из двух панелей солнечных батарей (СБ), практически не работал датчик солнечно-звездной ориентации, поэтому ориентация СБ на Солнце выполнялась вручную. В это время на Байконуре готовился к старту второй корабль с экипажем из трех человек. Планировалась стыковка двух КК на орбите, однако из-за возникших неисправностей на «Союзе-1» пуск второго корабля был отменен, а спуск «Союза-1» осуществлен досрочно.

В день посадки «Союза-1» 24 апреля 1967 г. внезапно прервалась связь руководства полетом с поисково-спасательной службой ВВС. Через несколько часов стало известно, что произошла катастрофа и В.М. Комаров погиб при приземлении.

После анализа аварии комиссия установила, что трагедия произошла вследствие того, что основной парашют не вышел из контейнера. Дело в том, что под действием перепада давления блок с основным парашютом оказался зажатым стенками контейнера: одна атмосфера внутри КК и пониженное давление в контейнере на высоте ввода системы в действие (в предыдущем полете из-за прогара и разгерметизации СА этот перепад отсутствовал!). В результате тормозному парашюту, связанному с основным, не хватило запаса усилия, чтобы вытянуть его из контейнера.

После длительного перерыва между пилотируемыми полетами Г.Т. Береговой стартовал на КК «Союз-3» 26 октября 1968 г. Планировалась стыковка с беспилотным КК «Союз-2», однако причаливание при ручном управлении кораблем с расстояния 200 м выполнить не удалось. Стыковка кораблей была осуществлена во время полета КК «Союз-4» (В.А. Шаталов) и «Союз-5» (Б.В. Вольнов, А.С. Елисеев, Е.В. Хрунов) 14–18 января 1969 г.

Новым главным направлением работ РКК «Энергия» с 1970 г. стала разработка пилотируемых орбитальных станций (ОС). Благодаря развитию этого направления в освоении космического пространства наша страна добилась наибольших успехов, признаваемых во всем мире. Полученный опыт в создании и длительной эксплуатации ОС послужил основанием для сотрудничества с Россией многих ведущих в космической области стран, в том числе и США.

В 1960-е гг. РКК «Энергия» (в то время ЦКБЭМ) была в стране монополистом пилотируемых программ. Одновременно в Центральном конструкторском бюро машиностроения (ЦКБМ), возглавляемом В.Н. Челомеем, строился пилотируемый орбитальный комплекс «Алмаз», а в США активно велись работы по созданию орбитальной станции «Скайлэб» [1]. Поскольку в ЦКБМ не было опыта создания пилотируемых КК, аналогичных КК «Союз» и «Восток», руководство страны поручило сконстру-

ировать долговременную орбитальную станцию (ДОС) ЦКБЭМ. Соответствующее постановление по разработке комплекса ДОС-7К вышло 9 февраля 1970 г. Это позволило в короткие сроки построить первую в мире пилотируемую ДОС и обеспечить приоритет страны в этом направлении освоения космического пространства [1, 10].

ДОС №1, получившая название «Салют», была выведена на орбиту РН УР-500К «Протон» 19 апреля 1971 г. [1, 10]. Первая экспедиция к станции на корабле «Союз-10» с экипажем в составе В.А. Шаталова, А.С. Елисеева, Н.Н. Рукавишниковой стартовала с космодрома «Байконур» 23 апреля 1971 г. Из-за неполадок в стыковочном механизме стыковка корабля со станцией не состоялась. Вторая экспедиция в составе Г.Т. Добровольского, В.Н. Волкова и В.И. Пацаева на корабле «Союз-11» была выведена на орбиту 6 июня 1971 г., и с 7 июня после успешной стыковки ДОС «Салют» стала функционировать как первая пилотируемая научная станция. Экипаж работал на орбите около 23 сут., что было тогда рекордом для работы человека в условиях космоса. Программой полета было предусмотрено выполнение ряда научных и технических экспериментов, связанных с картографированием звездного неба с помощью ультрафиолетового телескопа «Орион», исследованием Мирового океана в интересах рыбного хозяйства, проведением медицинских исследований и др. 30 июня КК «Союз-11» был отстыкован от станции и совершил посадку, которая закончилась трагически: космонавты погибли [1, 10]. После этого до 11.10.1971 г. станция действовала в автоматическом режиме, хотя планировалось, что она останется на орбите на 3 месяца. Следующая станция этого типа стартовала 29 июля 1972 г., но из-за аварии РН «Протон» на орбиту не вышла.

Одновременно со строительством станции «Салют» в ЦКБЭМ шли работы по ее совершенствованию, и уже в 1970 г. был выпущен проект ОС второго поколения, предусматривавший введение трех СБ (вместо двух), каждая из которых имела возможность поворачиваться вокруг своей продольной оси. Гарантированный ресурс работы станции на орбите был увеличен вдвое и составил 180 сут.

Первая станция из серии ДОС второго поколения – ДОС №3 («Космос-557») была выведена на орбиту 11 мая 1973 г., однако из-за нештатной работы ионного датчика системы управления движением на участке полета вне зоны радиовидимости с территории СССР произошла полная выработка топлива. Станция стала неуправляемой по ориентации, что исключило ее нормальное функционирование на орбите. Коррекция на подъем высоты орбиты не могла быть выполнена, и в мае 1973 г. станция перестала существовать.

Одновременно с полетами ДОС в интересах Министерства обороны в ЦКБМ реализовывалась программа станций «Алмаз» – в печати их также называли «Салютами» под номерами 2, 3 и 5.

ДОС «Салют-4», разработанная в ЦКБЭМ, была выведена на орбиту 26 декабря 1974 г. По своей конструкции она была аналогична ДОС №3. Первая экспедиция на станцию «Салют-4», в состав которой вошли космонавты А.А. Губарев и Г.М. Гречко, работала на орбите с 11 января по 9 февраля 1975 г. Вторая экспедиция (П.И. Климук и В.И. Севастьянов) – в течение 63 сут. с 24 мая по 26 июля 1975 г. Этот рекордный по продолжительности полет совпал с первым советско-американским полетом по программе «Союз-Аполлон».

С полетом станции «Салют-4» связан и первый опыт оперативного управления космическими экспериментами (КЭ). На станции «Салют-4» было установле-

но новое научное оборудование: рентгеновский телескоп – спектрометр «Филин», зеркальный рентгеновский телескоп РТ-4, инфракрасный телескоп – спектрометр ИТС-К и другие научные приборы. Для решения задач полета и выполнения экспериментов на станциях «Салют» была установлена система ориентации и управления движением (СОУД), разработка которой осуществлялась под руководством будущих академиков Б.В. Раушенбаха и Б.Е. Чертока. СОУД обеспечивала автоматическую и ручную ориентацию станции в орбитальной системе координат, а также разворот и ориентацию осей станции в заданные точки небесной сферы. Для наведения научной аппаратуры (НА) на заданные объекты требовалось обеспечить начальную (орбитальную) ориентацию, затем в расчетный момент времени перевести станцию в режим инерциальной ориентации и выполнить ее программные развороты для наведения НА на исследуемые объекты [5]. Специальные управляющие уставки (момент времени перехода станции в инерциальную ориентацию и углы разворотов) для отправки на борт рассчитывались баллистическим центром Министерства обороны.

В режиме орбитальной ориентации продольная ось станции (ось «х») ориентируется по вектору скорости, а ось «у», соответствующая максимальному моменту инерции, совпадает с радиус-вектором орбиты станции. НА для наблюдения Земли устанавливается по оси «–у» станции, а НА для изучения астрономических объектов – по оси «+у». Это позволяет при полете в режиме орбитальной ориентации наблюдать наземные объекты и за счет прецессии орбиты выполнять сканирование небесной сферы аппаратурой, установленной по оси «+у».

Первые орбитальные станции нельзя было дозаправить топливом на орбите, поэтому возможности наведения НА станции на исследуемые объекты были ограничены. С целью расширения возможностей наблюдения исследуемых объектов были предложены дополнительно режимы пассивных закруток станции, которые выполнялись вокруг ее продольной оси «х», сориентированной нужным образом в пространстве. В этом случае обеспечивалось сканирование небесной сферы телескопами, установленными по оси «+у». Действие на станцию гравитационного и аэродинамического возмущающих моментов приводило к «развалу» выполненной закрутки. Для восстановления ориентации осей телескопов в пространстве во время режимов сканирования небесной сферы оперативно были разработаны специальные методы и соответствующее математическое обеспечение [11]. На станциях «Салют» второго поколения для контроля ориентации были установлены датчики напряженности магнитного поля Земли и положения Солнца. При полете станции на освещенной Солнцем части орбиты ее ориентация оперативно рассчитывалась в темпе приема телеметрической информации по измерениям солнечного датчика и магнитометра с помощью двухвекторного алгоритма [11]. При этом результаты расчета ориентации станции оперативно в темпе приема телеметрической информации выдавались на средства отображения в Центре управления полетом, что являлось в те годы заметным достижением. Рассчитать ориентацию станции на теневой части орбиты, где отсутствуют измерения солнечного датчика, было значительно сложнее, поскольку здесь накладывались ограничения, связанные с необходимостью оперативного решения всех задач в Центре управления полетом вблизи Евпатории (ЦУП-Е), оснащенном в то время ЭВМ М-220. Чтобы в то время оперативно рассчитать движение станции и ее ориентацию на имеющихся ЭВМ, потребовалась разработка новых способов описания возмущенного движения КК, методов интегрирования,

методов и алгоритмов определения ориентации [11]. Новый метод интегрирования позволял на порядок ускорить проведение расчетов. Найденное аналитическое решение возмущенного движения станции было точнее и одновременно проще известных. Для расчета ориентации станции на теневой части орбиты были разработаны быстродействующие алгоритмы для режима движения, близкого к регулярной прецессии [11], и для сильно возмущенного движения ДОС, которые требовали минимального объема оперативной памяти ЭВМ, так как он не зависел от количества рассчитываемой и поступающей в темпе приема телеметрической информации (ТМИ) [11]. Все это впервые было сделано и реализовано в ЦУП-Е (рис. 4) в процессе полета ДОС «Салют-4».



Рис. 4. Центр управления полетами станций «Салют-1–5» в Евпатории (снимок сделан 40 лет спустя, в 2013 г.)

С учетом опыта полета ДОС «Салют-4» в ЦКБЭМ были созданы станции третьего поколения «Салют-6» и «Салют-7», главные особенности которых заключались в обеспечении возможности нахождения в составе станции одновременно двух кораблей «Союз» или корабля «Союз» и грузового корабля «Прогресс». Наличие двух стыковочных узлов позволяло не оставлять станцию в автоматическом режиме при смене экипажей. Корабли «Прогресс» позволили доставлять на станцию расходные материалы, новое оборудование и топливо и за счет этого наращивать во время полета ее возможности по проведению научных экспериментов [1].

Управление полетами станций третьего поколения «Салют-6» и «Салют-7» было решено передать в ЦУП-М, созданный в г. Королеве для реализации программы «Союз-Аполлон» [12]. Для обеспечения и управления экспериментами в главной оперативной группе управления была сформирована специальная группа. При создании технологии проведения и оперативного обеспечения экспериментов на станциях третьего поколения использовался опыт работы со станцией «Салют-4» в ЦУП-Е г. Евпатории.

В процессе подготовки и реализации программ исследований на станциях «Салют» впервые была разработана специальная технология проведения КЭ [11, 13], которая предусматривала решение следующих задач:

- планирование экспериментов;
- оптимизация программы экспериментов;
- математическое моделирование;
- реализация эксперимента;
- контроль состояния НА и управление ее работой в полете;
- экспресс-анализ научных данных по телеметрической информации;
- измерение и расчет дополнительной информации для анализа и интерпретации результатов КЭ [11, 13–15].

Оперативное обеспечение экспериментов на станциях «Салют-6,7» выполнялось в ЦУП-М и вычислительном центре РКК «Энергия» (в то время НПО «Энергия») [1]. Автоматизированный контроль функционирования НА и экспресс-анализ научных данных позволяли оперативно принимать решения по управлению ходом КЭ [11].

При планировании исследований решаются задачи нахождения возможных зон проведения экспериментов, т.е. определения интервалов времени, в течение которых выполняются все условия и ограничения, накладываемые на возможность их выполнения [11].

Вследствие прецессии орбиты, движения по ней КК, а также пространственно-го движения Земли и т.д. продолжительность зон проведения КЭ изменяется в ходе полета корабля. По этой причине возникают задачи поиска оптимальных (например, по продолжительности) зон проведения экспериментов, решение которых позволяет находить наилучшие моменты времени для планирования исследований [11, 15]. Эти задачи успешно решались, а полученные результаты использовались в период полета орбитальных станций, что дало возможность эффективно выполнять исследования при ограничениях на располагаемые ресурсы (топливо, время экипажа и т.д.).

Благодаря разработанным методам оптимизации в ряде случаев удалось в 2-3 раза и более повысить информативность выполняемой программы исследований по сравнению с традиционными методами планирования, что было продемонстрировано в период длительных полетов ОС. Кроме того, созданная технология планирования позволила находить наилучшие интервалы времени (зоны) проведения экспериментов.

При планировании и реализации обширных научных программ на ДОС впервые потребовалось разработать технологию наведения НА на исследуемые объекты с учетом ограничений на располагаемое топливо и требований по точности наведения. Для поддержания полета ДОС в режиме орбитальной ориентации или разворота станции вокруг ее продольной оси необходимо на порядок меньше топлива, чем, например, для выполнения разворота ДОС вокруг поперечной оси. Это обстоятельство и другие факторы были учтены при разработке техники наведения НА на исследуемые объекты [11].

На точность наведения влияли погрешности построения начальной ориентации ДОС, длительность выполнения разворотов и другие факторы. Важной задачей при наведении НА на исследуемые объекты была юстировка НА, т.е. определение взаимного положения чувствительных осей НА и осей ДОС. Первоначально юстировка осей НА и ДОС выполнялась на Земле после установки аппаратуры на корпусе станции. После выведения станции на орбиту вследствие разности давлений внутри станции и снаружи ось чувствительности НА смещалась относительно осей ДОС. Величина такого смещения достигает $1-1,5^\circ$. Во время полета станции температура ее поверхности меняется в пределах $\sim \pm 70^\circ\text{C}$. Это обстоятельство также приводит

к разъюстировке осей НА и ДОС на 20'–70'. В итоге разработаны способы юстировки НА в полете, использование которых обеспечило более точное наведение исследовательской аппаратуры на изучаемые объекты.

Первая станция третьего поколения ДОС №5 «Салют-6» была выведена на орбиту 29 сентября 1977 г. С 29 сентября 1977 г. по 29 июля 1982 г. на станции проработали 5 основных экспедиций и 11 экспедиций посещения [16].

Затем на орбиту была выведена ДОС №5-2 («Салют-7») – ее пуск был осуществлен 19 апреля 1982 года. Конструкция «Салют-7» во многом повторяла «Салют-6», однако не обошлось и без определенных усовершенствований. Например, одна из серьезных проблем «Салют-6» была связана с дефицитом электроэнергии: ее постоянно не хватало для выполнения энергоемких операций. На станции «Салют-7» была предусмотрена возможность монтажа в полете дополнительных СБ.

В процессе полета «Салют-7» на станции обрабатывалась система автономной навигации и управления «Дельта» [17]. Ранее на станции «Салют» в 1971 г. в системе «Дельта» использовались космический секстант и оптическая вертикаль ЛВ-1. При помощи секстанта проводились измерения углов между направлениями на звезду и горизонт Земли, а при помощи ЛВ-1 – измерения углов между вертикалью и характерными ориентирами на поверхности Земли (острова, мысы, развилки рек и т.п.). При этом, несмотря на достаточно высокие точности, в дальнейшем эта технология не использовалась, поскольку нужно было освободить экипаж от проведения измерений и предоставить ему больше времени на осуществление экспериментов. Основным функциональным узлом системы «Дельта» на станции «Салют-7» был бортовой цифровой вычислительный комплекс (БЦВК), обеспечивавший прием и обработку информации измерительных приборов и датчиков, выполнение вычислений и формирование команд управления приборами и системами станции. В качестве навигационных измерительных приборов в системе «Дельта» использовались орбитальный радиовысотомер (ОРВ), доплеровский измеритель радиальной скорости (ДИРС) и датчики затмений Солнца (ДЗС). ОРВ обеспечивал измерения высоты над поверхностью Земли по командам БЦВМ. ДИРС – измерение скорости полета станции относительно наземных радиомаяков.

ДЗС обеспечивали регистрацию моментов входа станции в тень Земли и выхода из нее. Датчик представлял собой фотометр, настроенный таким образом, чтобы регистрировать моменты восхода и захода Солнца, соответствующие видимому его положению на высоте ~25 км над поверхностью Земли. Это было сделано для того, чтобы исключить ошибки, обусловленные рельефом Земли и облаками. На внешней поверхности станции «Салют-7» было установлено шесть ДЗС с целью обеспечения полной сферы обзора с учетом затенения датчиков элементами конструкции станции.

Режимы навигационных измерений на станции «Салют-7» были автоматическими, все операции по проведению измерений и определению орбиты выполнялись с помощью БЦВМ без участия экипажа.

В качестве чувствительных элементов для управления ориентацией на станции «Салют-7» использовались следующие приборы: датчики угловой скорости (ДУС), обеспечивающие измерение составляющих угловой скорости станции относительно осей связанной системы координат; блок свободных гироскопов; инфракрасная вертикаль (ИКВ) – оптико-электронный датчик ориентации на центр Земли; блок акселерометров, обеспечивающих измерение и интегрирование линейных ускоре-

ний [17]. В качестве визуальных приборов ориентации служили: оптический визир ОСК-2М, имеющий центральное поле зрения для определения ориентации по бегу местности и периферийные поля наблюдения горизонта Земли для определения ориентации по местной вертикали; оптическая вертикаль ЛВ-1, имеющая аналогичные центральное и периферийное поля зрения, но обеспечивающая более высокие точности ориентации, а также навигационные измерения с наземными ориентирами путем фиксации моментов пересечения ориентиром специальных рисок в центральном поле зрения; астроориентатор АО-1 – прибор ориентации по звездному небу путем совмещения изображения звезд с маской изображения звездного неба [17].

С 19 апреля 1982 г. по 25 июня 1986 г. на станции «Салют-7» работали четыре основные экспедиции и пять экспедиций посещения.

Полученный опыт был учтен при разработке станции четвертого поколения – ДОС №7 («Мир»), системы которой были модернизированы следующим образом:

- для ориентации станции использовались инерционные исполнительные органы – гироскопы;
- система управления на базе БЦВМ значительно расширяла возможности станции и позволяла проводить перепрограммирование с Земли;
- новая система сближения «Курс» не требовала разворотов станции при сближении;
- была увеличена мощность системы энергопитания;
- для снабжения кислородом установили систему электролиза воды «Электрон» и регенерируемую систему поглощения углекислого газа «Воздух»;
- ввели радиосистему «Антарес» с остронаправленной антенной для связи через спутники-ретрансляторы.

Весной 1984 г. руководством страны было принято решение запустить станцию «Мир» к XXVII съезду КПСС.

В ходе работ возникло много проблем с подготовкой станции к пуску, но они были решены. Базовый блок станции «Мир» прибыл на полигон 6 мая 1985 г., одновременно там шла подготовка корабля «Буран», что существенно усложняло работы.

Первый модуль станции «Мир» был запущен 20 февраля 1986 г. Полет орбитального комплекса (ОК) «Мир» занял 15 лет и стал выдающимся достижением отечественной космонавтики. В течение этого времени на ОК работали 28 основных экспедиций, было выполнено большое количество экспериментов, в том числе и по международным программам исследований. Фактически ОК «Мир» уже тогда был Международной космической станцией. Успеху его длительного полета и уникальных исследований и экспериментов способствовала профессиональная работа на орбите космонавтов [15]. 23 марта 2001 г. полет ОК «Мир» был завершен.

20 ноября 1998 г. был произведен запуск на орбиту функционального грузового блока «Заря» – первого элемента МКС. Запуск и стыковка с МКС российского служебного модуля «Звезда» были осуществлены 12–26 июля 2000 г. [18].

Экипаж первой экспедиции МКС (Ю.П. Гидзенко, С.К. Крикалев, У. Шеперд) работали на орбите с 31 октября 2000 г. по 19 марта 2001 г. В апреле 2021 г. на МКС начала работать 65-я экспедиция.

Для доставки экипажей и различных грузов на ОК «Мир» и МКС использовались модифицированные корабли «Союз» и созданные на их базе транспортные грузовые корабли «Прогресс» [19]. Модернизация кораблей проводилась с целью их усовер-

шенствования и повышения ряда технических характеристик, а также по причине трудностей взаимодействия с некоторыми поставщиками комплектующих, оказавшимися после распада СССР в ближнем зарубежье. Большое количество модификаций касалось системы управления движением [19]. Этапы модернизации, связанные с переходом от аналоговых приборов к БЦВК и современной измерительной аппаратуре, описаны в [20].

Система управления движением и навигации (СУДН) отечественных кораблей серий «Союз» и «Прогресс» на протяжении многих лет успешно выполняет все задачи, поставленные при проектировании [21], что подтверждает правильность принципов, положенных в основу при разработке СУДН. В первую очередь это относится к базовому принципу ее построения – использованию бесплатформенной инерциальной навигационной системы [21, 22]. Важным шагом в управлении КК является также применение для решения этой задачи измерений, выполненных посредством глобальной спутниковой навигационной системы (СНС) [23]. Впервые СНС была использована на пилотируемой станции, чтобы обеспечить проведение экспериментов на научном модуле «Природа» ОК «Мир» [24]. В настоящее время созданные отечественными производителями приемники сигналов СНС широко применяются для решения различных задач управления на КК и МКС [21, 23].

Человек в космическом полете

Значение первого в мире пилотируемого полета в космос, проложившего дорогу остальным, и полученные за 60 лет результаты пилотируемых космических миссий, будут еще долго предметом изучения. Уже много лет ведутся дискуссии о достоинствах применения пилотируемых миссий и автоматических аппаратов для освоения космического пространства – что эффективней? В этой связи попытаемся на основе полученного опыта проанализировать роль человека в выполнении космического полета и сформулировать некоторые рекомендации.

Прежде всего заметим, что стремление человека полететь в космос заложено в его природе. Люди всегда хотели покорять новые вершины, открывать новые континенты. Стимулом для осуществления этого была, в частности, конкуренция между отдельными людьми и странами. Соперничество между СССР и США в те годы послужило хорошим стимулом для развития космонавтики, запуска первого спутника и полета первого человека в космос. Победа в космической гонке тех лет досталась нашей стране.

Сегодня вопрос заключается не в том, нужны или нет пилотируемые полеты, а в том, как нашей стране правильно распорядиться достижениями тех лет, т.е. требуется определить соотношение в развитии пилотируемой космонавтики и автоматических КК.

В настоящее время считается, что максимальная эффективность выполнения космических программ может быть достигнута при оптимальном сочетании возможностей автоматической техники и оператора-космонавта. Необходимо, следовательно, определить, какие функции целесообразно возложить на космонавта. Реализация космических программ в ходе пилотируемых полетов КК «Восток», «Союз» и ОС «Салют», «Мир», МКС позволяет сделать некоторые выводы. Функции космонавтов на борту КК заключаются в его обслуживании и управлении его работой, а также в выполнении научных исследований и экспериментов [11].

Управление КК и ОС в штатном режиме полета осуществляется автоматически. Участие космонавтов предусматривается лишь в дублирующих режимах управления. Например, ориентация КК «Восток» перед выдачей тормозного импульса для спуска выполнялась автоматически, однако уже с первого его полета с целью повышения надежности была предусмотрена возможность обеспечить ориентацию корабля перед спуском космонавтом с помощью оптического прибора [1]. На станциях «Салют» для определения точной ориентации станции в инерциальной системе координат использовался астроориентатор АО-1, в который вставлялась специальная «маска» с нарезанными отверстиями («звездами»), соответствующими выбранному участку звездного неба. Космонавт в ручном режиме управления совмещал отверстия в маске АО-1 со звездами. При этом обеспечивалась точность ориентации станции ~ 10 угл. мин.

Для повышения надежности стыковки грузового корабля «Прогресс» с ОС был дополнительно реализован телеоператорный режим управления ТОРУ, при котором оператор, находящийся на станции, управляет движением корабля «Прогресс» в процессе сближения и стыковки с ОС. Использование режима ТОРУ позволило многократно парировать нештатные ситуации при стыковках корабля «Прогресс» с ОС.

Задачи обслуживания космонавтами ОС сводятся к выполнению плановых регламентных работ по эксплуатации и ремонту при отказе оборудования и возникновении нештатных ситуаций или аварийных событий. Роль космонавта в выполнении ремонтных работ на станции трудно переоценить. Во многих случаях именно участие космонавта позволяло отремонтировать вышедшее из строя оборудование, а иногда и спасти всю космическую программу. При проведении экспериментов с первым космическим радиотелескопом КРТ-10 на станции «Салют-6» десятиметровая антенна телескопа зацепилась за элементы ее корпуса. Для ее отделения и отвода понадобился внеплановый выход космонавтов в открытый космос. Работа такой сложности впервые была выполнена космонавтами В.В. Рюминым и В.А. Ляховым в августе 1979 г.

Ярким примером незаменимости человека на космической орбите является восстановление работоспособности станции «Салют-7» и фактически ее спасение в 1985 г. (рис. 5).



Рис. 5. Космонавты В.А. Джанибеков и В.П. Савиных на станции «Салют-7»

11 февраля 1985 г. по причине выхода из строя системы командного управления была потеряна связь со станцией. Это произошло на беспилотном участке полета, вмешаться в работу автоматики было невозможно. Нарушился режим подзаряда батарей системы электропитания, система обесточилась, и станция полностью вышла из строя, угроза ее потери стала реальной. Начались поиски выхода из сложившейся ситуации. Главным оставался вопрос, можно ли стыковаться с полностью неуправляемой станцией. Очень важно было определить, с какой угловой скоростью она вращается. На станциях «Салют» были установлены датчики телеметрического контроля ориентации – магнитометр и солнечный датчик. Перед потерей управления «Салют-7» находился в неориентированном режиме полета. Это позволило с помощью телеметрических измерений и математической модели движения станции относительно центра масс дать прогноз ее движения на длительный интервал времени. Заметим, что для выполнения ряда экспериментов на «Салюте-6» и «Салюте-7» активно использовался режим гравитационной ориентации [25], практической реализации которой способствовала вытянутая форма конструкции станций [26]. Оказалось, что за счет этого станция должна перейти в режим одноосной гравитационной ориентации [27].

6 июля 1985 г. к станции «Салют-7» на КК «Союз Т-13» была направлена специальная экспедиция в составе В.А. Джанибекова и В.П. Савиных. «Союз Т-13» с помощью целеуказаний с Земли и ручного управления с использованием лазерного дальномера и БЦВМ сблизился и состыковался со станцией. При подлете к ней осуществлялись ее фотографирование ручной камерой и регистрация телевизионной камерой. Последующая обработка изображений подтвердила правильность прогноза движения станции вокруг центра масс как с точки зрения направления ее продольной оси (какой узел направлен «вниз», а какой «вверх», было важно для стыковки), так и по максимальным значениям угловых отклонений продольной оси от местной вертикали [27].

После успешной стыковки космонавты провели ремонтно-восстановительные работы. Это было непросто, порой даже драматично. Например, на станции в числе прочих не работала система терморегулирования, запасы воды превратились в лед, а на «Союзе» космонавты привезли ее ограниченное количество. И до самого последнего момента было неизвестно, успеют ли космонавты отогреть станцию, чтобы воспользоваться ее запасами воды, или им придется вернуться на Землю, не закончив работу по восстановлению работоспособности станции.

Работа В.А. Джанибекова и В.П. Савиных оказалась успешной: «Салют-7» продолжил работать.

Аналогичным образом выход космонавтов на ОС «Мир» позволил устранить нештатную ситуацию, возникшую при стыковке с модулем «Квант» (рис. 6): был удален посторонний предмет из стыковочного узла, мешающий стягиванию после стыковки. Модуль «Квант» был весьма важным для ОС, так как в его состав входила новая система управления ориентацией на гиродинах и уникальная научная лаборатория

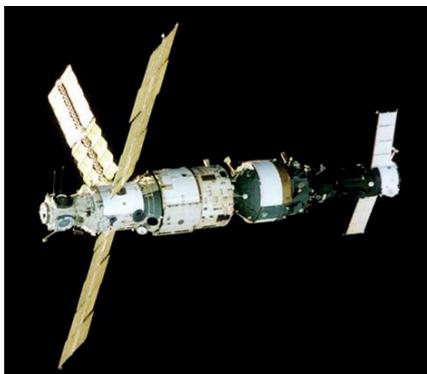


Рис. 6. ОК «Мир» в 1987 г. (базовый блок, модуль «Квант» и корабль «Союз-ТМ»)

с рентгеновскими телескопами. После выполнения стыковки и введения в контур управления гиродин «Мир» впервые для отечественных ОС стал постоянно ориентированным. Это позволило непрерывно наводить научную аппаратуру на изучаемые объекты. Так, с помощью комплекса рентгеновских телескопов на ОК «Мир» были получены уникальные научные результаты [19]. Для обеспечения возможности управления ОС «Мир» был разработан специальный комплекс математических моделей, который непрерывно использовался в течение всего полета [14, 28] и позволил выполнить беспрецедентную программу экспериментов и исследований [19].

В настоящее время к функциям космонавта при реализации научной программы на борту космического аппарата относятся следующие:

- монтаж и обслуживание научной аппаратуры в полете;
- выполнение эксперимента в соответствии с методикой КЭ и бортовой инструкцией;
- участие в выборе объектов исследования;
- коррекция программы эксперимента;
- проведение ремонтных и профилактических работ.

Участие в выборе объектов исследования и корректировке программы экспериментов требует специальной подготовки. В связи с этим отметим также весьма распространенное мнение о целесообразности участия в космических полетах ученых, специализирующихся в конкретных областях науки: астрономов, геофизиков, биологов и т.д. [11].

Проведение ремонтных и профилактических работ на КК может сильно повлиять на эффективность (а в некоторых случаях и возможность) выполнения научной программы. В то же время заметим, что ремонтные и профилактические работы могут осуществляться космонавтами не непрерывно, а во время периодических посещений КК [11].

Рассмотрим некоторые примеры деятельности космонавтов в период выполненных программ исследований и экспериментов.

Естественным направлением исследований на ОС стало проведение медицинских экспериментов. При этом нашими учеными получены выдающиеся результаты, благодаря которым стало возможно осуществлять длительные полеты человека на космической орбите [1, 19]. Кроме того, биологические эксперименты и исследования, связанные с размещением на внешней поверхности станции различных образцов, также выполняются при участии космонавтов: в настоящее время только космонавт может установить там специальное оборудование, а затем и вернуть его на Землю. Результаты этой научной работы оказываются весьма ценными [1, 19].

Важным направлением деятельности космонавтов всегда было наблюдение и изучение нашей планеты. Такие исследования проводились практически во время всех пилотируемых полетов [15, 29, 30] и были продолжены и на МКС. Дело в том, что возможность наведения НА на исследуемые объекты с помощью разворотов станции отсутствует, т.к. используемые для ориентации МКС гиродины американского сегмента обладают недостаточным для этого кинетическим моментом и способны только поддерживать орбитальную ориентацию МКС. Для изучения земной поверхности в КЭ «Ураган» на российском сегменте МКС использовались ручные приборы, которые космонавты наводили на исследуемые объекты через иллюминаторы [15, 29, 30].

В этом году в рамках КЭ «Ураган» изготовлен также новый прибор – гиперспектрометр, который предусматривает участие космонавтов в исследованиях с его помощью на борту станции [30].

Возможности ОС позволяют периодически доставлять на нее новую НА и устанавливать ее на внешней поверхности. Например, аппаратура «Икарус», созданная по соглашению Роскосмоса и DLR и используемая в КЭ «Ураган», была успешно смонтирована космонавтами на российском сегменте МКС и уже начала функционировать [31, 32]. Аппаратура была доставлена на МКС двумя транспортными грузовыми кораблями «Прогресс». Сначала «Прогресс МС-07» доставил на МКС оборудование, предназначенное для монтажа внутри гермоотсека станции (бортовой компьютер ОВС-I, кабели для подключения и кронштейны). Космонавты А.Н. Шкаплеров и О.Г. Артемьев собрали электрическую схему для подключения ОВС-I к бортовым системам служебного модуля (СМ) и установили кронштейны, предназначенные для крепления компьютера на рабочем месте. В результате космонавты открыли пятнадцать панелей, проложили девять кабелей, длина которых варьировалась от 5 до 7 м, подстыковали 27 соединителей. Правильность проведения монтажа кабелей и штатное функционирование компьютера ОВС-I были подтверждены тремя проверочными тестами.

Затем на «Прогрессе МС-08» на МКС были доставлены антенный блок аппаратуры «Икарус» и специально разработанное в РКК «Энергия» оборудование для его монтажа: мачта, устройство «Якорь-Икарус», кабельные жгуты длиной по 15 м и др. Шлюзовой отсек (модуль СО1), из которого космонавты в скафандрах «Орлан-М» выходят в открытый космос, имеет выходной диаметр 1000 мм, позволяющий выносить крупногабаритные грузы. Антенна в транспортном положении после перемещения ее в СО1 дооснащается и приобретает форму для работы в открытом космосе. С установленным оборудованием дооснащения антенный блок «Икарус» может перемещаться только через этот выходной люк.

Выход в открытый космос – сложнейшая задача, которая выполняется космонавтами под руководством специалистов, находящихся на Земле. Перед выходом космонавты заблаговременно начинают тщательную подготовку скафандров, средств шлюзования и шлюзовых отсеков, служебных систем, оборудования и инструментов, необходимых при работе в открытом космосе. Подготовка НА «Икарус» заключалась в переводе антенного блока из транспортного положения в рабочее, подготовке мачты и устройства «Якорь-Икарус», а также намотке кабельных жгутов на устройство дооснащения универсальной кабельной платформы (УКП). Во время наземной подготовки ко внекорабельной деятельности специалисты РКК «Энергия» промоделировали трассу прокладывания кабельных высокочастотных жгутов. Протяженность этой трассы составила около 15 м. Специально для монтажа НА «Икарус» универсальная кабельная платформа была дооснащена устройством, позволяющим крепить УКП к поручням во время внекорабельной деятельности космонавтов. Правильная намотка, укладка и фиксация соединителей в УКП – необходимое условие для успешного монтажа кабелей на внешней поверхности станции.

Подготовка к выходу в открытый космос сопровождалась большим объемом работ с аппаратурой внутри станции. Сначала к месту монтажа оборудования были вынесены мачта и устройство «Якорь-Икарус», созданное для удобства космонавта при выполнении монтажных работ. После монтажа мачты были проложены кабели,

а устройство «Якорь-Икарус» установлено на поручни корпуса станции с помощью специальных замков. После этого космонавты вынесли, установили, раскрыли и подключили антенный блок аппаратуры «Икарус» (рис. 7) [32]. Успешному выполнению этой уникальной работы способствовала тщательная подготовка к выполнению каждой операции и тренировки космонавтов.

Использование крупногабаритной антенны позволяет с высоты орбиты МКС обрабатывать данные с установленных на животных миниатюрных приемопередатчиков [31], что подтверждает широкие возможности проводить с помощью пилотируемой станции уникальные исследования и эксперименты. Заметим, что именно отечественные технологии подготовки космонавтов и обеспечения их деятельности в открытом космосе позволили успешно выполнить эту сложнейшую работу по монтажу и разворачиванию на орбите крупногабаритной антенны. В настоящее время российские и немецкие ученые получают с помощью аппаратуры «Икарус» уникальную научную информацию.



Рис. 7. О.Г. Артемьев и С.В. Прокопьев во время установки аппаратуры «Икарус»

Заключение

Анализируя сегодняшнее состояние отечественной и мировой космонавтики, можно сделать вывод, что в области пилотируемых полетов наша страна продолжает сохранять одно из лидирующих положений в мире. Вместе с тем необходимо отметить, что наиболее значительные научные и прикладные успехи космонавтики (изучение планет солнечной системы, дистанционное зондирование Земли, спутниковая навигация, связь и др.) достигнуты в последние десятилетия с помощью автоматических аппаратов.

Окончание соперничества нашей страны с Соединенными Штатами Америки и крупные успехи космических проектов, основанных на использовании автоматических аппаратов, делают необходимой выработку стратегии развития отечественной космонавтики в современных условиях [15]. При этом следует прежде всего учитывать успехи нашей страны, связанные с пилотируемой космонавтикой и достигнутые благодаря С.П. Королеву и привлеченным им к этим работам талантливым ученым и специалистам [1]. Крупнейшим космическим проектом современности является МКС. Значение России в этом проекте весьма велико: наша страна обладает в настоящее время надежным средством доставки экипажа на станцию и возвращения его на Землю, обеспечивает доставку топлива и поддержание высоты орбиты станции. Главная задача для России в проекте МКС сегодня – повышение эффективности целевого использования этой станции, получение выгоды от участия в этом проекте, что позволит нам сохранить лидирующие позиции в этом направлении космонавтики, а также применять полученный опыт и технологии для автоматических аппаратов. При решении этой важнейшей для отечественной космонавтики задачи необходимо учитывать опыт организации и выполнения крупнейших космических проектов по созданию РН Р-7, запуску первого в мире спутника, полетам первых космонавтов, строительству первой в мире орбитальной станции и т.д. Сроки выполнения некоторых грандиозных проектов тех лет составляли месяцы, причем тогда не было современной вычислительной техники, связи, а все работы велись в строго секретном режиме, что в определенной степени их затрудняло.

Результативность выполнения научных и прикладных экспериментов на пилотируемой станции определяется многоцелевым характером проводимых работ и наличием экипажа. Выполнение исследований в различных направлениях позволяет многоцелевой станции непрерывно работать на целевой результат [11]. На МКС возможности реализации многоцелевых программ практически не используются.

В процессе исследований в любом направлении на пилотируемой станции не только сохраняется возможность использовать потенциал беспилотных КК, но и появляются дополнительные преимущества благодаря наличию экипажа, который способен переоснастить приборный состав, осуществить ремонт, правильно выбрать объекты исследований и т.д. Например, наблюдение и изучение с борта орбитальной станции на земной поверхности необычных, в том числе катастрофических, явлений позволяют дополнительно выбирать и регистрировать изучаемые объекты. Отечественные ОС давали хорошую возможность решить важнейшую для страны задачу наблюдения земной поверхности для различных потребителей. При этом результаты большей части выполненных работ: создание аппаратуры наблюдения, системы сбора и передачи данных, наземный сегмент, технологии применения получаемых данных – могут быть использованы и в системах, построенных на беспилотных КК. Эксперименты в данном направлении ведутся в настоящее время на МКС [15, 29–33].

Кроме того, необходимо изучать деятельность космонавтов в длительных полетах, осуществлять эксперименты с их участием. Целесообразно также реализовывать образовательные программы для широких слоев населения [15, 29–31, 33].

В целом следует отметить, что к настоящему времени благодаря «Миру» и МКС пилотируемая космонавтика получила развитие во многих странах. Будущие пилотируемые программы США и Китая нацелены главным образом на полеты к Луне,

хотя представителям всех стран, развивающих пилотируемую космонавтику, вряд ли удастся присоединиться к ним. В связи с этим, создание и запуск на околоземную орбиту отечественной пилотируемой станции будут полезными и для организации международного сотрудничества, поскольку в полетах на ней смогут принять участие космонавты из разных стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева.** Королев: РКК «Энергия», 1996. 670 с.
2. **Черток Б.Е.** Ракеты и люди. М.: Машиностроение, 1994. 415 с.
3. **Черток Б.Е.** Ракеты и люди. Фили – Подлипки – Тюратам. М., Машиностроение, 1996. 444 с.
4. **Черток Б.Е.** Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. М., Машиностроение, 1997. 528 с.
5. **Черток Б.Е.** Ракеты и люди. Лунная гонка. М., Машиностроение, 1999. 571 с.
6. **Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н.** Управление ориентацией космических аппаратов. М.: Наука, 1974. 600с.
7. **Муртазин Р.Ф., Благов В.Д.** Факты и мифы об орбите Гагарина: Баллистический анализ // Новости космонавтики. 2016. №4. С. 7–9.
8. **Легостаев В.П., Раушенбах Б.В.** Автоматическая сборка в космосе // Космические исследования. 1969. Т.7. №6. С. 803–813.
9. **Брагазин А.Ф., Ермилов Ю.А.** Оптимальные энергетические характеристики метода параллельного наведения при сближении спутников // Космические исследования. 1972, Т.10. №5. С. 692–699.
10. **«Салют» на орбите.** М.: Машиностроение, 1973. 160 с.
11. **Беляев М.Ю.** Научные эксперименты на космических кораблях и орбитальных станциях. М.: Машиностроение, 1984. 264 с.
12. **Бажинов И.К., Ястребов В.Д.** Навигация в совместном полете космических кораблей «Союз» и «Апполон». М.: Наука, 1978. 440 с.
13. **Беляев М.Ю.** Основные задачи и принципы построения наземно-бортового комплекса управления экспериментами, проводимыми с помощью космических аппаратов // Управляющие системы и машины. 1980. № 4. С. 103–107.
14. **Ryumin, V.V., Beliaev, M.Yu.,** Problems of control arised during the implementation of scientific research program onboard the multipurpose orbital station, *Acta Astronautica*, 1987, vol. 15, pp. 739–746.
15. **Проблемы и задачи** повышения эффективности программ исследований на космических кораблях и орбитальных станциях / сборник статей под редакцией В.П.Легостаева, М.Ю.Беляева. Научно-техническое издание «Ракетно-космическая техника», 2011. Серия XII. Вып. 1–2. Королев: РКК «Энергия» им. С.П. Королева. 205 с.
16. **Бажинов И.К., Гаврилов В.П., Ястребов В.Д.** и др. Навигационное обеспечение полета орбитального комплекса «Салют-6» – «Союз» – «Прогресс». М.: Наука, 1985. 376 с.
17. **Гаушус Э.В., Зыбин Ю.Н., Легостаев В.П.** Автономная навигация и управление орбитальной станцией «Салют-7» // Космические исследования. 1986. Том XXIV. Вып.6. С. 844–864.
18. **Мельников Е.К.** Управление орбитальным движением МКС (1998-2018 гг.) Рязань: Изд-во РИНФО, 2019. 264 с.
19. **РКК «Энергия» им. С.П.Королева на рубеже двух веков.** Королев: РКК «Энергия» им. С.П.Королева, 2001. 1327 с.
20. **Легостаев В.П., Микрин Е.А., Орловский И.В., Борисенко Ю.Н., Платонов В.Н., Евдокимов С.Н.** Создание и развитие систем управления движением транспортных космических кораблей «Союз» и «Прогресс»: опыт эксплуатации, планируемая модернизация // Труды МФТИ. 2009. Т. 1. № 3. С. 4–13.
21. **Брагазин А.Ф.** Управление сближением космических аппаратов (навигация, наведение, коррекция движения). Королев: РКК «Энергия», 2018. 472 с.
22. **Бранец В.Н., Шмыглевский И.П.** Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. М.:Наука, 1992. 280 с.
23. **Микрин Е.А., Михайлов М.В.** Ориентация, выведение, сближение и спуск космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2017. 358 с.

24. Belyaev, M.Yu., Rulev, D.N., Matveeva, T.V., Sazonov, V.V., Fockersperger, S., Frank, H., Paeffgen, W., Experience of investigations performed with the help of navigation system aboard the research Priroda module on the Mir Space station, 9th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, 2002, Russia, St. Petersburg, pp. 105–110.
25. Беляев М.Ю., Тянь Т.Н. Применение режима гравитационной стабилизации при выполнении экспериментов // Космические исследования. 1984. №2. С. 181–188.
26. Черноусько Ф.Л., Акуленко Л.Д., Лещенко Д.Д. Эволюция движения твердого тела относительно центра масс. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2015. 308 с.
27. Sarychev V.A., Belyaev M.Yu., Kuzmin S.P., Sazonov V.V., Tyun T.N. Investigation of attitude motion of the Salyut-7 orbital station for long time intervals, *Acta Astronautica*, 1987, vol. 16, pp. 165–192.
28. Беляев М.Ю., Зыков С.Г., Манжелей А.И., Рулев Д.Н., Стажков В.М., Тесленко В.П. Математическое обеспечение автоматизированного планирования исследований на орбитальном комплексе «Мир» // Космические исследования. 1988. Т. 27. Вып. 1. С. 126–134.
29. Беляев М.Ю., Десинев Л.В., Караваев Д.Ю., Сармин Э.Э., Юрина О.А. Аппаратура и программно-математическое обеспечение для изучения земной поверхности с борта российского сегмента Международной космической станции по программе «Ураган» // Космонавтика и ракетостроение. 2015. № 1. С. 63–70.
30. Belyaev, M.Yu., Cheremisin, M.V., Esakov, A.M., Integrated monitoring of earth surface from onboard ISS Russian segment, *Proceedings of the International Astronautical Congress*, IAC 2018.
31. Беляев М.Ю., Вепплер Й., Викельски М., Волков О.Н., Мюллер У., Питц В., Соломина О.Н., Тертицкий Г.М. Отработка технологии контроля перемещения животных на Земле с помощью научной аппаратуры, установленной на РС МКС // XXVII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. 2020. С. 9–17.
32. Артемьев О.Г., Прокопьев С.В., Беляев М.Ю., Аюкаева Д.М., Волков О.Н., Долганов Е.В., Киреевичев С.С., Князев А.И., Корнеев А.П. Технология монтажа крупногабаритной аппаратуры на внешней поверхности российского сегмента МКС на примере аппаратуры «Икарус» // Пилотируемые полеты в космос. 2019. № 2 (31). С. 34–43.
33. Беляев М.Ю. Научная аппаратура и методы изучения Земли в космическом эксперименте «Ураган» на МКС // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т.18. №3. С. 92–107.

Belyaev, M.Yu. (Korolev RSC Energia, JSC, Korolev; Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Moscow Region, Russia)

From the Rocket R-7 and the First Human Flight into Space up to Permanent Manned Orbital Station, *Giroskopiya i Navigatsiya*, 2021, vol. 29, no. 3 (114), pp. 96–121.

Abstract. The paper presents a brief history of preparation for and execution of the first manned flight into space in the Vostok spacecraft. The main tasks and challenges which were solved to make this historical event possible are discussed. Further achievements of Russian manned cosmonautics are presented, including the first world's orbital station Salyut which was constructed and launched in orbit 50 years ago. The human role in executing a space flight is studied. The tasks in the space orbit are discussed, the solutions to which with the participation of the crew have improved the space flight safety and efficiency. Examples of cosmonauts' operations during the flights of the orbital stations Salyut, the orbital facility Mir, and the International Space Station are given to illustrate such tasks. The importance of cosmonauts' participation in the research and experiments on the orbital stations is demonstrated, and positive examples of such participation are provided.

Key words: space flight, launch vehicle, orbital station.

Материал поступил 28.07.2021