

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН  
“ВКЛАД АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ В РАЗВИТИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ”

**ПИЛОТИРУЕМАЯ КОСМОНАВТИКА:  
ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

© 2021 г. В. А. Соловьёв<sup>а,\*</sup>, А. А. Коваленко<sup>а,\*\*</sup>

<sup>а</sup>Ракетно-космическая корпорация “Энергия” имени С.П. Королёва, Королёв, Россия

\*E-mail: Vladimir.Soloviev@sfoc.ru

\*\*E-mail: Andrey.Kovalenko@sfoc.ru

Поступила в редакцию 04.06.2021 г.

После доработки 06.06.2021 г.

Принята к публикации 31.07.2021 г.

В статье рассмотрены основные этапы развития пилотируемой космонавтики в СССР и России. Сформулированы задачи перспективной российской высокоширотной орбитальной станции, облик которой уже определён. В числе главных – обеспечение максимальных возможностей наблюдения территории Российской Федерации, исследования с участием человека в районах околоземного пространства с наименьшей защищённостью от космических излучений, то есть там, где наиболее явно проявляются все воздействия открытого космического пространства. Эти исследования будут проводиться в интересах будущих межпланетных пилотируемых полётов. Авторами статьи рассмотрены также основные задачи пилотируемых полётов к Луне, создания обитаемой лунной базы, лунной транспортной инфраструктуры. Статья подготовлена на основе доклада, заслушанного на научной сессии Общего собрания членов РАН 21 апреля 2021 г.

*Ключевые слова:* пилотируемая космонавтика, орбитальная станция, лунная база.

DOI: 10.31857/S0869587321110128

Исторический полёт вокруг Земли Юрия Алексеевича Гагарина на космическом корабле “Восток” 12 апреля 1961 г. открыл эпоху пилотируемой космонавтики. За прошедшие шесть десятилетий она прошла огромный путь – от коротких одиночных полётов до постоянного пребывания на орбите экипажей орбитальных станций. За

эти годы люди побывали на поверхности Луны, научились жить и работать в космическом пространстве, создали международную космическую кооперацию, построили большие конструкции на околоземной орбите.

Развитие техники пилотируемых космических полётов за 60 лет можно проиллюстрировать сравнением технических характеристик первого в мире пилотируемого космического корабля “Восток”, имевшего массу около 5 т (с третьей ступенью ракеты-носителя), объём жилого отсека 5.2 м<sup>3</sup>, и Международной космической станции, имеющей массу на два порядка больше – 450 т, жилой объём существенно больше, чем на два порядка – 900 м<sup>3</sup>, экипаж 11–12 человек. О линейных размерах МКС можно судить по такому сравнению: если бы её разместить на столичной Красной площади, то станция заняла бы практически её всю.

В настоящее время российский сегмент (РС) МКС состоит из пяти модулей, первый из которых был запущен в 1998 г. (функционально-грузовой блок “Заря”), в 2000 г. в состав станции введён служебный модуль “Звезда”, в 2001 г. –



СОЛОВЬЁВ Владимир Алексеевич – член-корреспондент РАН, генеральный конструктор РКК “Энергия”.  
КОВАЛЕНКО Андрей Александрович – кандидат технических наук, начальник отдела РКК “Энергия”.

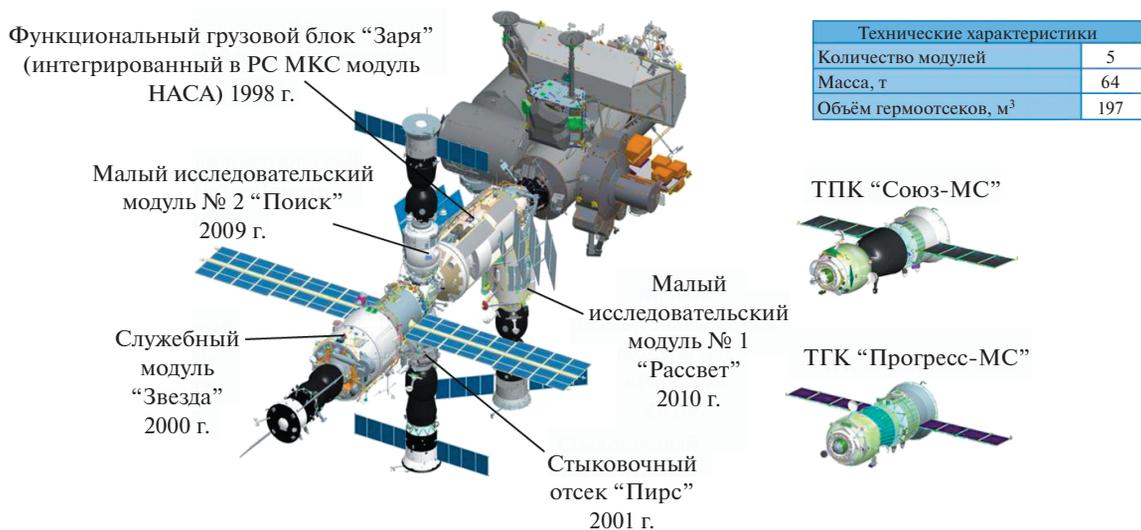


Рис. 1. Российский сегмент МКС

стыковочной отсек “Пирс”, малые исследовательские модули “Поиск” и “Рассвет”, введены в 2009 и 2010 г. соответственно. Масса сегмента составляет 64 т, объём герметичных отсеков 197 м<sup>3</sup> (рис. 1).

Полётный ресурс российского сегмента МКС составляет 15 лет, он был установлен на основе опыта, полученного в процессе реализации программы полёта станции “Мир”. Сегодня продолжительность эксплуатации российского сегмента МКС в целом достигла 22 лет. Можно ответственно утверждать, что около 80% оборудования служебных бортовых систем РС МКС полностью выработали свой ресурс. Кроме того, в 2020 г. была зафиксирована незначительная негерметичность корпуса. Несмотря на существование этих проблем, в соответствии с межправительственными соглашениями российская сторона будет поддерживать проект МКС до 2025 г.

Надо отметить, что в общей стоимости Международной космической станции финансовый вклад России составляет 10%, при этом наша страна имеет права на проведение работ с использованием более 35% ресурсов станции. Общая масса доставленного на МКС научного оборудования – 76 т, из них на российский сегмент приходится лишь 6.5 т. На станции проведено более 2000 научных экспериментов, из них 400 российских, то есть всего пятая часть. Такой показатель – результат недофинансирования наших научных программ на МКС. Планируемое окончание эксплуатации станции – 2025 г., к этому времени продолжительность её полёта достигнет 27 лет.

Историю отечественных пилотируемых полётов условно можно подразделить на три основных периода. Первый – до 1970 г. включительно, когда состоялся первый относительно длительный

полёт “Союза-9” с космонавтами А.Г. Николаевым и В.И. Севастьяновым на борту, продолжавшийся около 18 суток. В связи с тем, что самочувствие экипажа корабля после посадки по многим показателям оставляло желать лучшего, Академия наук СССР, Академия медицинских наук СССР, специалисты по авиационно-космической медицине очень серьёзно занялись проблемами медицинского обеспечения длительных космических полётов. В Институте медико-биологических проблем АН СССР эти работы возглавили академики О.Г. Газенко и А.И. Григорьев.

Следующим стал период полётов орбитальных станций “Салют” (1971–1986). Он характеризовался совершенствованием технологий, формированием программ научных исследований и направлений, актуальных для всего человечества.

Третий период начался с запуска базового блока многомодульной станции “Мир” в 1986 г. Здесь особо следует отметить увеличение сложности пилотируемых космических систем как объектов управления. По мере углубления понимания преимуществ космических исследований, получения результатов, которые эффективно можно использовать на Земле, расширяется и перечень задач, решаемых в космосе. Соответственно, сложнее становится космическая техника. Одновременно мы всё полнее представляем опасность пребывания человека за пределами Земли. При создании космической техники нам необходимо обеспечивать её надёжность – аппаратура должна стойко выдерживать атаки агрессивного космического пространства.

Усложнение космической техники вызвало усложнение процесса управления ею. Например, управление полётом первого космического ко-

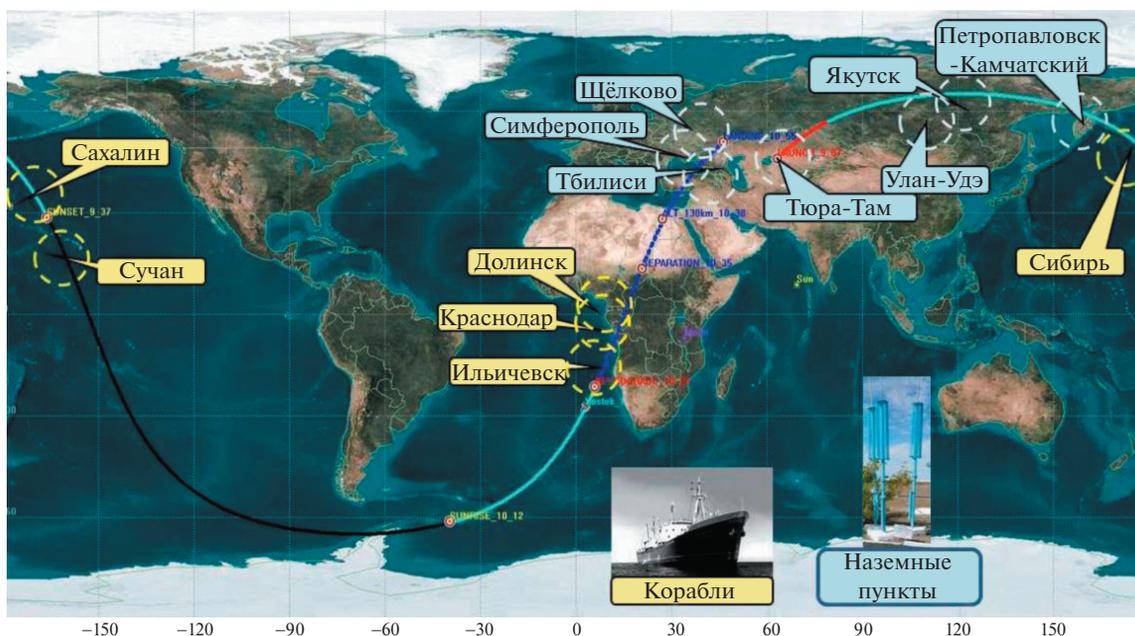


Рис. 2. Организация управления полётом космического корабля “Восток”

рабля “Восток” осуществлялось наземным комплексом управления (помимо контура ручного управления) посредством 40 функциональных команд. Полёт контролировался по 400 телеметрическим параметрам. Выполнялись самые простые операции, в числе которых были ориентация, торможение, сеансы связи. Единственный тогда метод управления полётом – сеансный или радиокомандный. Но не будем забывать, что орбитальный полёт Ю.А. Гагарина, который обеспечивался контуром управления из морских кораблей и наземных командно-измерительных пунктов, был для своего времени очень сложным, ведь всё делалось впервые (рис. 2). Для сравнения: в целях управления российским сегментом МКС в 2021 г. предполагается выполнить 130 тыс. полётных операций, более 12 тыс. управляющих воздействий, проконтролировать 120 тыс. телеметрических параметров. Сам же процесс обеспечивается сложнейшим контуром.

Сегодняшняя организация управления полётом Международной космической станции, если представить её в самом общем виде, базируется на центрах управления, расположенных в России, США, Канаде, европейских странах, Японии. Работают, взаимно дополняя друг друга, два контура управления – наземный и спутниковый, обеспечивая управление полётом не только МКС, но и транспортной системы, которая доставляет на станцию астронавтов и космонавтов, оборудование, расходные материалы [1]. Иными словами, деятельность человека в космическом пространстве поддерживает очень сложная взаимосвязанная инфраструктура (рис. 3).

В Российской академии наук неоднократно говорилось о необходимости выбора наиболее актуальных направлений космических исследований, необходимости создания новой орбитальной станции, в частности, в Совете по космосу РАН ещё пять лет назад академик Л.М. Зелёный проводил дискуссии по этим проблемам, не раз обсуждались они и на заседаниях президиума РАН. Свои предложения выдвигала не только Академия наук, но и заинтересованные ведомства. По результатам этих обсуждений можно в общем виде выделить две крупные задачи. Первая – обеспечение максимальных возможностей наблюдения территории Российской Федерации, включая высокоширотные районы. Вторая – необходимость организации исследований с участием человека в зонах околоземного космического пространства с наименьшей защищённостью от космических излучений, то есть там, где наиболее явно проявляется воздействие открытого космического пространства. Это необходимо для более полного понимания тех проблем, с которыми могут столкнуться в будущем участники пилотируемых межпланетных экспедиций.

Решение указанных задач возможно при размещении новой станции на орбите с углом наклона относительно экватора  $97^{\circ}$ – $98^{\circ}$ , то есть на солнечно-синхронной орбите, где обеспечивается полный обзор Земли с постоянным контролем. Использование российской территории для старта и посадки (наклонение орбиты МКС –  $51.7^{\circ}$ , что обеспечивает обзор только 20% территории России). Не следует также забывать о том, что в современном мире нельзя преуменьшать важно-

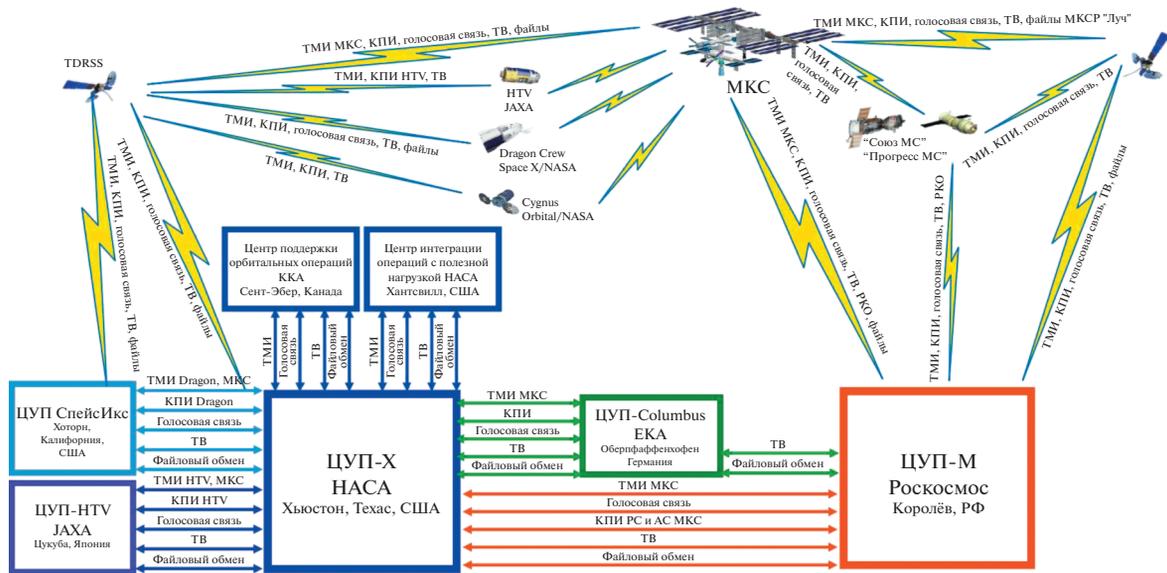


Рис. 3. Организация управления полётом Международной космической станции

КПИ – командно-программная информация, ТМИ – телеметрическая информация, НТВ – Н-II Transfer Vehicle (автоматический грузовой корабль с ракетой-носителем Н-II, Япония), TDRSS – Tracking Data Relay Satellite System, МКСП – многофункциональная космическая система ретрансляции, ККА – Канадское космическое агентство, ЕКА – Европейское космическое агентство, JAXA – Японское космическое агентство

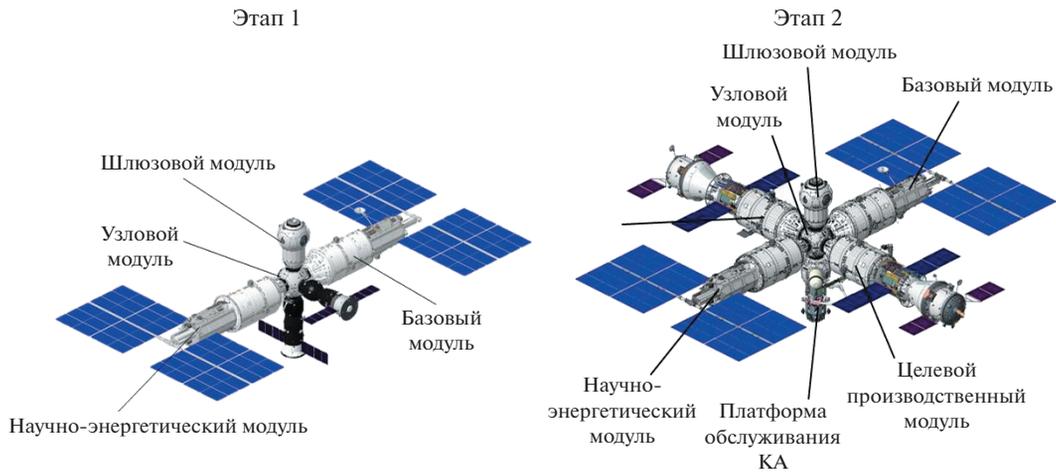


Рис. 4. Российская орбитальная станция, этапы 1, 2

сти решения задач обороны и обеспечения безопасности страны.

С учётом высказанных требований предлагается начать создание новой российской орбитальной станции. На первом этапе она будет состоять из двух основных модулей – научно-энергетического и базового, шлюзовой камеры и транспортной системы (рис. 4). Научно-энергетический модуль в качестве первого элемента новой станции обеспечит хороший электроэнергетический потенциал – 55 кВт. Этого достаточно для самых серьёзных экспериментов, в том числе

для радиолокационных, требующих больших затрат электроэнергии. На втором этапе предполагается большее количество модулей, таких как целевые, производственные, платформа внешнего обслуживания, с помощью которой можно собирать и отправлять на другие орбиты различные автоматические космические аппараты [2]. Основные характеристики орбитальной станции приведены в таблице 1.

Предлагается несколько изменить философию пилотируемых полётов на орбитальной станции. Постоянное пребывание человека на орбите вы-

**Таблица 1.** Основные характеристики орбитальной станции

Характеристики	Значение	
	Этап 1	Этап 2
Объёмы гермоотсеков, м <sup>3</sup>	228	667
Объёмы для целевого оборудования, м <sup>3</sup>	до 19	до 49
Электроэнергия для целевого оборудования, кВт	до 55	55
Количество внешних рабочих мест, оснащённых всеми необходимыми интерфейсами	24	48
Хранение топлива АТ + НДМГ, кг	до 3900	до 9100
Информационный обмен, Мбит/с	до 105	до 300
Экипаж, человек	2	2 (4)
Корабли посещения (пилотируемые/грузовые)	1/1–2	1–2/1–3

сокозатратно. Поэтому нужно прорабатывать и реализовывать систему посещаемых станций, при этом, конечно, увеличивая степень автоматизации выполнения научных экспериментов без снижения эффективности проводимых на орбите целевых работ.

Функциональные возможности новой российской высокоширотной орбитальной станции во многом обусловлены углом наклона её орбиты. Благодаря этому, каждые полтора часа (период обращения станции), с борта станции будет возможно наблюдение поверхности Земли с 83 параллели, откуда виден полюс и приполярная зона, которая может контролироваться оптическими и радиолокационными средствами. На новой российской орбитальной станции можно развернуть и систему управления полётом “облака” малых спутников – это совершенно новая задача. В числе таких новых задач система обслуживания автоматических космических аппаратов на так называемой внешней подвеске. Актуальным представляется также развитие перспективных технологий с использованием возможностей станции – создание новых конструкционных материалов, высокоскоростных информационных интерфейсов, интерфейсов человек–машина, перспективных элементов систем жизнеобеспечения с высоким уровнем замкнутости по основным ресурсам (93–95%). Ещё одно перспективное направление – развитие робототехнических средств.

Важнейшим элементом орбитальной инфраструктуры, без которого существование орбитальной станции невозможно, служит система транспортного обеспечения. На первом этапе предлагается сохранить стандартную транспортную схему на базе ракеты-носителя “Союз”, пилотируемых и грузовых космических кораблей “Союз”, “Прогресс”. В то же время ведётся активная работа над перспективным транспортным

кораблём нового поколения “Орёл” и семейством ракет-носителей “Ангара” – на их основе будет развёртываться транспортное обеспечение второго этапа.

На рисунке 5 представлен новый пилотируемый транспортный космический корабль, его характеристики. Как следует из рисунка, он предназначен не только для доставки экипажей на окололунную и околоземную орбиту. В проекте нового корабля заложена возможность возвращать на Землю большее количество космонавтов, чем при старте (стартующий экипаж – четыре человека, возвращаемый может доходить до шести), то есть в случае необходимости решать задачу спасения экипажей. Кроме того, корабль будет многоразовым. Это в высшей степени важное обстоятельство, сейчас весь мир идёт по пути создания многоразовых не только полезных элементов, но и ракет-носителей.

Программа лётной отработки предполагает в 2023 г. первый беспилотный облёт Земли, в 2024 г. беспилотный полёт со стыковкой к Международной космической станции, а в 2025 г. уже пилотируемый запуск корабля “Орёл”.

Важное направление пилотируемой космонавтики – лунные исследования. Руководство Ракетно-космической корпорации “Энергия” и Совета по космосу РАН считают, что программу пилотируемого освоения Луны необходимо начинать после предварительного создания с помощью автоматических космических аппаратов основной первичной инфраструктуры в выбранном районе размещения будущей лунной базы.

В 2022 г. планируется запуск автоматической межпланетной станции “Луна-25”, а далее программу запусков на Луну необходимо синхронизировать таким образом, чтобы пилотируемый полёт состоялся только тогда, когда появится понимание стоящих перед экипажем задач. В насто-

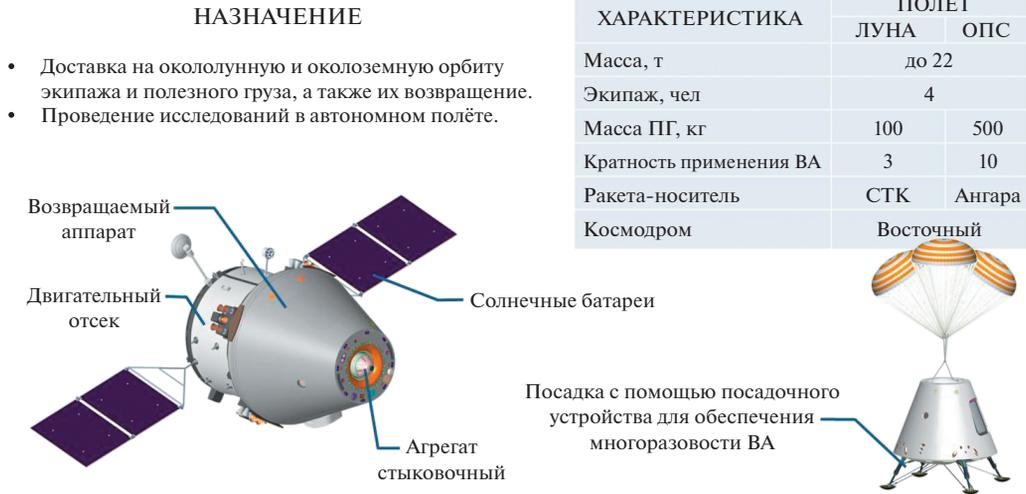


Рис. 5. Пилотируемый транспортный корабль нового поколения

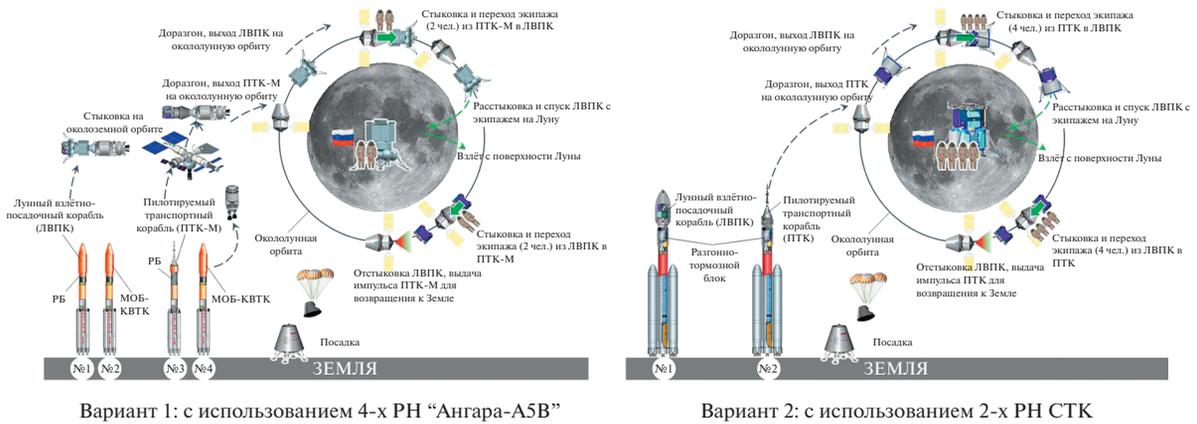


Рис. 6. Схемы пилотируемого полёта на Луну

ящее время предлагаются два варианта схемы пилотируемого полёта на Луну. Первый из них – пусковая схема с использованием четырёх ракет-носителей “Ангара-5В”. Схема достаточно сложная и недешёвая, подлежит серьёзному обсуждению, но она позволяет с известной степенью надёжности достигнуть поверхности Луны двум космонавтам. Вторая схема, с использованием двух ракет-носителей сверхтяжёлого класса, способна доставить четырёх космонавтов на поверхность Луны с более высоким уровнем надёжности (рис. 6).

Как мы полагаем, разворачивание лунной базы будет проходить также в два этапа. На первом необходима отработка технологий, обеспечивающих безопасное пребывание человека на Луне. На следующем этапе очень важно научиться использовать лунные ресурсы для обеспечения возможности пополнения расходуемых запасов. Состав

объектов базы даже в начальной конфигурации должен обеспечивать безопасное пребывание человека – это и радиационная защита, и надёжное энергообеспечение, и возможность экстренного возвращения на Землю. Большое значение имеет надёжная связь с центром управления полётом, а также эффективная навигация.

Развитием лунной базы первого этапа должна стать постоянно обитаемая база с жилыми отсеками, ядерной энергоустановкой, основным и резервным лунным взлётно-посадочным кораблём. База второго этапа позволит помимо научно-исследовательских работ начать строительство прообраза лунного опытно-промышленного комплекса.

Ещё одно важное направление пилотируемой лунной программы – создание перспективной транспортной системы Земля–Луна–Земля. Важным её элементом станут дозаправляемые

межорбитальные буксиры многократного использования. После выведения на орбиту вокруг Земли, перелёта на орбиту вокруг Луны, выполнения операций на орбите и поверхности Луны, корабль возвращается не на поверхность Земли, а на околоземную орбиту, к примеру, на российскую орбитальную станцию. Межорбитальный буксир сохраняется и дозаправляется для будущих полётов, а экипаж, побывавший на Луне, с околоземной орбиты возвращается на Землю.

В процессе подготовки к будущим лунным полётам очень важно отработать операции сближения по быстрым баллистическим схемам. На окололунной орбите, в случае срыва какой-либо операции, вследствие баллистических ограничений повторная попытка станет возможна только через 7 или 14 суток. Фактор времени здесь играет очень важную роль. В настоящее время отработка быстрых схем сближения ведётся на МКС, где успешно опробованы четырёх- и двухвитковые схемы сближения транспортных кораблей и орбитальной станции [3].

\*\*\*

В заключение особо отметим следующее. В силу своего географического положения Россия обречена быть космической державой, без успешной космической деятельности под угрозой окажется целостность страны. Необходимо сохранять российскую орбитальную пилотируемую инфраструктуру, для которой особенно актуальны орбиты с большим углом наклона [4]. В то же время необходимо учитывать, что постоянное пребывание человека на орбите высокозатратно, поэтому необходимо реализовывать си-

стему посещаемых орбитальных станций без уменьшения эффективности проводимых на орбите работ. Это достигается за счёт значительного повышения уровня автоматизации выполнения служебных и целевых операций. Перед началом пилотируемого освоения Луны необходимо предельно осознать цели такого освоения. Принимая во внимание крайне высокую стоимость лунных и в последующем межпланетных пилотируемых полётов, необходимо добиваться максимально широкого международного сотрудничества в реализации масштабных перспективных космических программ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Соловьёв В.А.* Система управления полётами пилотируемых космических комплексов. Материалы общих пленарных заседаний 13-й мультikonференции по проблемам управления. СПб.: АО Концерн ЦНИИ “Электроприбор”, 2020.
2. *Микрин Е.А.* Научно-технические проблемы реализации проекта “Пилотируемые космические системы и комплексы” // Космическая техника и технологии. 2019. № 3 (26). С. 5–19.
3. *Муртазин Р.Ф.* Схемы ускоренного доступа к орбитальной станции для современных космических кораблей // Космические исследования. 2014. Т. 52. Вып. 2. С. 162–175.
4. *Solov'ev V.A., Kovalenko A.A., Solov'ev S.V.* Priority Scientific and Technical Problems in the Field of Exploration and Efficient Use of Outer Space // Herald of the RAS. 2019. № 2. P 185–189; *Соловьёв В.А., Коваленко А.А., Соловьёв С.В.* Связанность территории Российской Федерации: от постановки комплексных задач к формированию комплексных научно-технических проектов // Вестник РАН. 2019. № 5. С. 493–498.