МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ЛИЦЕЙ «СОЗВЕЗДИЕ» № 131 Г.О. САМАРА

443083, г. Самара, ул. Промышленности,319, тел.: 261-14-40, 261-09-32

II межшкольные Гагаринские чтения

Секция «История авиации и космонавтики»

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВЕТСКИХ И АМЕРИКАНСКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Выполнил:
Чурашев Илья Евгеньевич,
ученик 10 «А» класса
МБОУ Лицей «Созвездие»
№ 131 г.о. Самара
Научный руководитель:
Левченкова Елена
Александровна,
учитель физики
МБОУ Лицей «Созвездие»
№ 131 г.о. Самара

Самара, 2018

Введение

МОСКВА, 26 мар – РИА Новости. НАСА объявило о подписании контракта на 67 миллионов долларов США с компанией AerojetRocketdyne, в рамках которого калифорнийские ракетчики создадут новый вид ионных двигателей, способных доставить космический корабль к Марсу и к астероидам, сообщает Space.com.

"По сути, в сотрудничестве с AerojetRocketdyne мы создаем новую ходовую часть, которая позволит нам создать целый ряд новых платформ для изучения глубокого космоса", — заявил Брайан Смит (BrianSmith), глава директората космических полетов в Исследовательском центре НАСА имени Гленна (США).

Идея создания ионного двигателя далеко не нова – первые такие мысли появлялись у советских и американских конструкторов еще в 60 годах прошлого века. За последние два десятилетия было запущено сразу несколько космических аппаратов, оснащенных подобными двигателями – климатический спутник GOCE, зонды НАСА DeepSpace 1 и Dawn, японская станция "Хаябуса" и ряд других аппаратов.

Все они обладают одними и теми же преимуществами и недостатками. В частности, ионные двигатели крайне экономичны, требуя крайне мало топлива и очень эффективны с точки зрения КПД и расходов электричества. С другой стороны, вырабатываемая ими сила тяги крайне мала из-за конструктивных особенностей таких двигателей, и разгон и торможение космического корабля идет крайне медленно, что делает их не самым идеальным средством для доставки людей к Марсу и другим планетам.

За последующие три года, как отмечает НАСА, инженеры AerojetRocketdyne должны создать прототип принципиально нового ионного ракетного двигателя, который должен обладать как минимум вдвое большей тягой, чем двигатели Dawn и других современных космических аппаратов с подобными ускорительными системами.

Подобный двигатель, по словам представителей агентства, может

послужить базой для проекта ARM, в рамках которого НАСА попытается в ближайшие годы "поймать" и отбуксировать к Луне небольшой астероид, где его поверхность посетят астронавты. Реализация этого проекта намечена на 2020 или 2021 год, и в НАСА надеются, что двигатель AerojetRocketdyne будет готов к тому времени.

Кроме того, данное устройство может стать ключевым компонентом будущей миссии по полету на Марс – двигатели, создаваемые в AerojetRocketdyne, доставят на Марс припасы и компоненты базы для будущей экспедиции, что должно произойти во второй половине 2030 годов.

Интересно посмотреть, как разные люди решают одну и ту же задачу. У каждого есть свой опыт, свои начальные условия, но, когда цель и требования схожие, решения этой задачи функционально похожи друг на друга, хотя могут различаться в конкретной реализации. В конце 50-х годов и СССР и США стали разрабатывать пилотируемые корабли для первых шагов в космос. Требования были схожими — экипаж один человек, время нахождения в космосе — до нескольких суток. Но вот аппараты получились разные, и, как мне кажется, было бы интересно их сравнить.

Ни СССР, ни США не знали, что ждет человека в космосе. Да, в полётах на самолёте можно воспроизвести невесомость, но длительностью всего ~30 секунд. Что будет с человеком при длительной невесомости? Поэтому первые корабли были рассчитаны на небольшое время нахождения в космосе. Длительность первых полётов измерялась минутами, последующих — часами, или витками вокруг Земли (один виток — примерно 90 минут).

Космический корабль

Космический корабль — это аппарат, предназначенный для доставки и полетов человека на околоземной орбите с последующим возвращением космонавта на Землю. При этом ведется тщательное наблюдение за состоянием и работоспособностью человека в условиях орбитального полета, отработка систем и конструкции космического корабля, проверка принципов его построения. К космическому кораблю предъявляются самые жесткие технические требования. Корабль должен легко управляться, в случае необходимости переориентироваться, менять орбиту. Здесь должны быть созданы нормальные условия для проживания космонавта, чтобы он мог есть, пить, спать, дышать. Чтобы вывести космический корабль на орбиту, он должен обладать огромной скоростью, которую сообщает ему ракета-носитель. Чтобы корабль вернулся на Землю, эту скорость необходимо погасить. На это потребовалось бы такое же количество горючего, сколько израсходовано при запуске в космос. Благодаря плотным слоям атмосферы вокруг Земли и осуществлению посадки по довольно пологой траектории, корабль тормозится о воздух, при этом затраты горючего будут минимальными. При торможении корабль сильно нагревается и может сгореть, если его не защитить жаропрочными теплозащитными оболочками. Из-за громкости защитных оболочек, было решено снабжать защитным экраном лишь корпус спускаемого аппарата, а не весь корабль. Была предложена и испытана на советском «Востоке» конструкция разделяющегося корабля, ставшая в дальнейшем классической для советских и американских кораблей. В данной конструкции корабль состоит из спускаемого аппарата и приборного отсека, который во время полета является кабиной космонавта.

Технические требования к космическому кораблю более жесткие, чем к любым другим космическим аппаратам. Условия полета (перегрузки, температурный режим, давление и т.п.) должны выдерживаться для них очень точно, дабы не создалась угроза жизни человека.

В корабле, который на несколько часов или даже суток становится домом

для космонавта, должны быть созданы нормальные человеческие условия — космонавт должен дышать, пить, есть, спать, отправлять естественные потребности. Он должен иметь возможность в процессе полета разворачивать корабль по своему усмотрению и менять орбиту, то есть корабль при своем движении в пространстве должен легко переориентироваться и управляться. Для возвращения на Землю космический корабль должен погасить всю ту огромную скорость, которую сообщила ему при старте ракета-носитель. Если бы Земля не имела атмосферы, на это пришлось бы потратить столько же горючего, сколько было израсходовано при подъеме в космос. Но на Земле, если осуществлять посадку по очень пологой траектории, постепенно погружаясь в плотные слои атмосферы, то можно затормозить корабль о воздух с минимальной затратой горючего.

«Восток» и «Меркурий»

Как советские "Востоки", так и американские "Меркурии" осуществляли посадку именно таким образом и этим объясняются многие особенности их конструкции. Поскольку значительная часть энергии при торможении идет на нагрев корабля, то без хорошей тепловой защиты он просто сгорит. Поэтому приходится защищать корабли громоздкими жаропрочными теплозащитными оболочками. (Например, на советском "Востоке" ее вес составлял 800 кг — треть всего веса спускаемого аппарата.) Желая по возможности облегчить корабль, конструкторы снабжали этим экраном не весь корабль, а только корпус спускаемого аппарата.

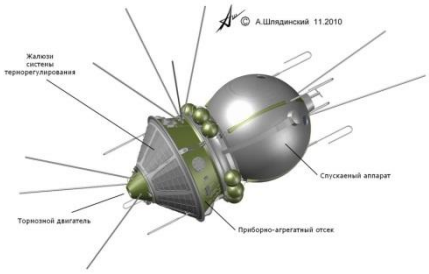
Таким образом, с самого начала утвердилась конструкция разделяющегося корабля (она была опробована на "Востоках", а потом стала классической для всех советских и многих американских космических кораблей). Корабль состоит как бы из двух самостоятельных частей: приборного отсека и спускаемого аппарата (последний служит во время полета кабиной космонавта).

Средства выведения

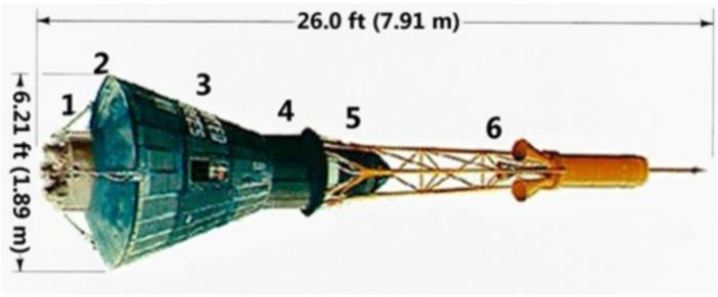
Главным фактором, влияющим на дизайн корабля была грузоподъемность ракеты-носителя. И двухступенчатая Р-7, и «Атлас» могли вывести на низкую околоземную орбиту примерно 1300 кг. Но для «семерки» успели отработать в лунных пусках 1959 года третью ступень — блок «Е», повысив грузоподъемность трехступенчатой ракеты до 4,5 тонн. А США всё никак не могли отработать базовый двухступенчатый «Атлас», и первый теоретически возможный вариант «Атлас-Аджена» полетел только в начале 1960 года. В результате получился анекдот — советские «Востоки» весили 4,5 тонны, а масса «Меркурия» была сравнима с массой «Спутника-3» — 1300 кг.

Внешние элементы конструкции

Рассмотрим сначала наружную часть кораблей:



«Восток»



1 - Двигатели отделения и торможения, 2 - Теплозащита,
3 - Обитаемый отсек, 4 - Парашютный отсек, 5 - Антенный отсек,
6 - Система аварийного спасения.

«Меркурий»

Форма корпуса

«Восток» на участке выведения находился под сбрасываемым обтекателем. Поэтому конструкторов не волновала аэродинамичность форм корабля, а также можно было спокойно размещать антенны, баллоны, жалюзи терморегуляции и прочие хрупкие элементы на поверхности аппарата. А особенности конструкции блока «Е» определили характерный конический «хвост» корабля.

«Меркурий» же не мог позволить себе тащить на орбиту тяжелый обтекатель. Поэтому корабль имел аэродинамическую коническую форму, и все чувствительные элементы типа перископа были убираемыми.

Теплозащита

При создании «Востока» конструкторы исходили из решений, дающих максимальную надежность. Поэтому форму спускаемого аппарата выбрали в виде шара. Неравномерность распределения веса обеспечивала эффект «ваньки-встаньки», когда спускаемый аппарат самостоятельно, без какого-либо управления, устанавливался в правильное положение. А теплозащита наносилась на всю поверхность спускаемого аппарата. При торможении о плотные слои атмосферы воздействие на поверхность шара было

неравномерным, поэтому слой теплозащиты имел различную толщину.

Коническая форма «Меркурия» означала, что теплозащита потребуется только снизу. С одной стороны, это экономило вес, с другой стороны, неверная ориентация корабля при входе в плотные слои атмосферы означала высокую вероятность его разрушения. На верхней части корабля стоял специальный аэродинамический спойлер, который должен был перевернуть «Меркурий» кормой вперед.

Что любопытно, материал теплозащиты был схожим — на «Востоке» пропитанная смолой асбестовая ткань, на «Меркурии» — стекловолокно и резина. В обоих случаях тканеподнобный материал с наполнителем сгорал послойно, а наполнитель испарялся, создавая дополнительный слой теплозащиты.

Тормозная система

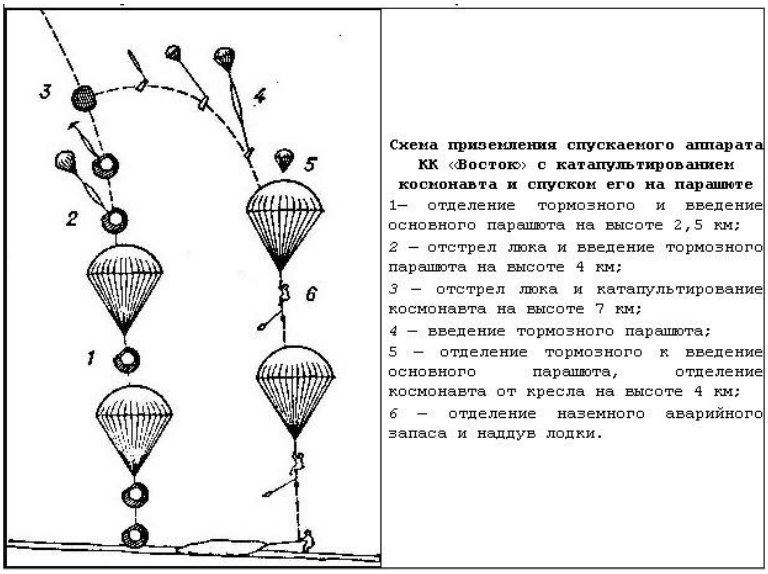
Тормозной двигатель «Востока» был недублированным. С точки зрения безопасности это было не очень хорошим решением. Да, «Востоки» запускались так, чтобы в течение недели затормозиться естественным образом об атмосферу, но, во-первых, уже в полёте Гагарина орбита была выше расчетной, что фактически «выключало» эту резервную систему, а во-вторых, естественное торможение означало посадку где угодно от 65 градуса северной широты до 65 градуса южной широты. Причина этого конструктивная — два ЖРД в корабль не влезали, а твердотопливные двигатели тогда не были освоены. Надежность ТДУ повышала максимальная простота конструкции. Бывали случаи, когда ТДУ давала чуть меньший импульс, чем нужно, но полного отказа не было ни разу.

На «Меркурии» за теплозащитным щитом стоял блок двигателей разделения и торможения. Оба типа двигателей были установлены в трех экземплярах для большей надежности. Двигатели разделения включались сразу после выключения двигателей ракеты-носителя для того, чтобы корабль отошёл от ракеты-носителя на безопасное расстояние. Тормозные двигатели

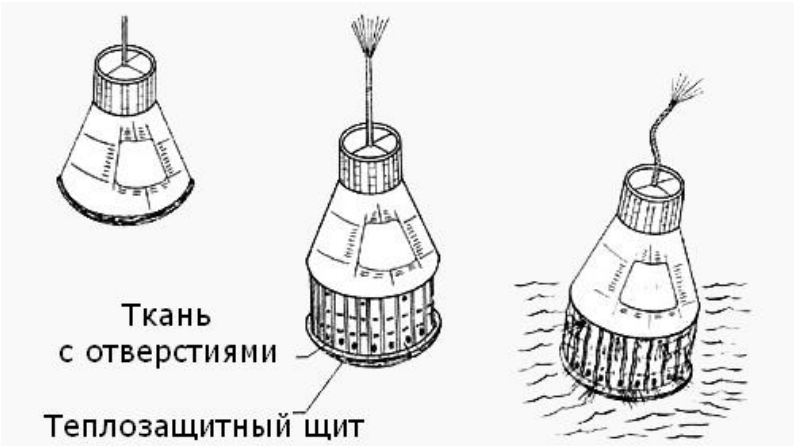
включались для схода с орбиты. Для того, чтобы вернуться с орбиты, было достаточно одного сработавшего тормозного двигателя. Блок двигателей крепился на стальных лентах и сбрасывался после торможения.

Система посадки

На «Востоках» пилот садился отдельно от корабля. На высоте 7 км космонавт катапультировался и садился самостоятельно на парашюте. Для большей надежности, парашютная система была дублирована.



На «Меркуриях» использовалась идея посадки на воду. Вода смягчала удар, а большой флот США не испытывал трудностей с поиском капсулы в океане. Для смягчения удара о воду раскрывался специальный воздушный мешок-амортизатор.



История показала, что посадочные системы оказались самыми опасными в проектах. Гагарин чуть не сел в Волгу, Титов приземлился рядом с поездом, Попович чуть не поломался на камнях. Гриссом чуть не утонул вместе с кораблем, а Карпентера искали больше часа и уже начали считать погибшим. В последующих кораблях не было ни катапультирования пилота, ни подушки-амортизатора.

Системы аварийного спасения

Штатная система катапультирования космонавта на «Востоке» могла работать как система спасения на начальном участке траектории. В обтекателе было отверстие для посадки космонавта и аварийного катапультирования. Парашют мог не успеть раскрыться в случае аварии на первых секундах полёта, поэтому справа от стартового стола была натянута сетка, которая должна была смягчить падение.

На большой высоте корабль должен был отделиться от ракеты, используя штатные средства разделения. На «Меркуриях» стояла система аварийного спасения, которая должна была увести капсулу от разрушающейся ракеты начиная от старта и до конца плотных слоёв атмосферы. В случае аварии на большой высоте использовалась штатная система разделения.

Катапультируемые кресла в качестве системы спасения использовались на «Джемини», а также испытательных полётах «Спейс Шаттла». САС в стиле «Меркурия» стояла на «Аполлонах» и до сих пор ставится на «Союзы».

Двигатели ориентации

В качестве рабочего тела для ориентации на корабле «Восток» использовался сжатый азот. Главным достоинством системы была простота — газ содержался в шар-баллонах и выпускался с помощью простой системы.

На корабле «Меркурий» использовалось каталитическое разложение концентрированной перекиси водорода. С точки зрения удельного импульса это выгоднее сжатого газа, но запасы рабочего тела на «Меркуриях» были крайне

малы. Активно маневрируя, можно было потратить весь запас перекиси меньше чем за один виток. А ведь её запас нужно было сохранить для операций по ориентации при посадке… Астронавты негласно соревновались между собой, кто потратит меньше перекиси, а увлекшийся фотографией Карпентер попал в серьезную переделку — он неэкономно тратил рабочее тело на ориентацию и перекись закончилась в процессе посадки. К счастью, высота была ~20 км и катастрофы не случилось.

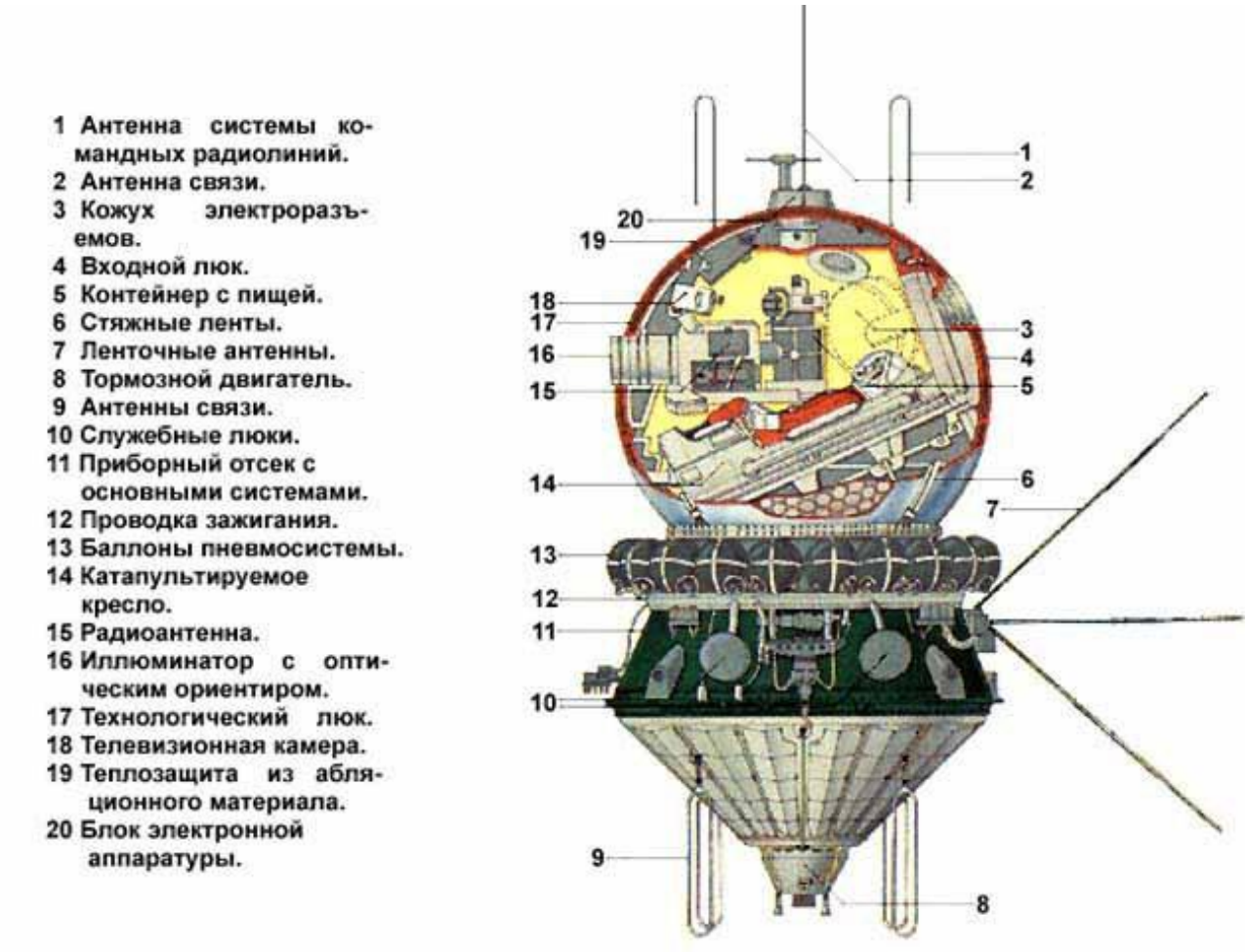
В дальнейшем перекись как рабочее тело использовалась на первых «Союзах», а затем все перешли на высококипящие компоненты НДМГ/АТ.

Система терморегуляции

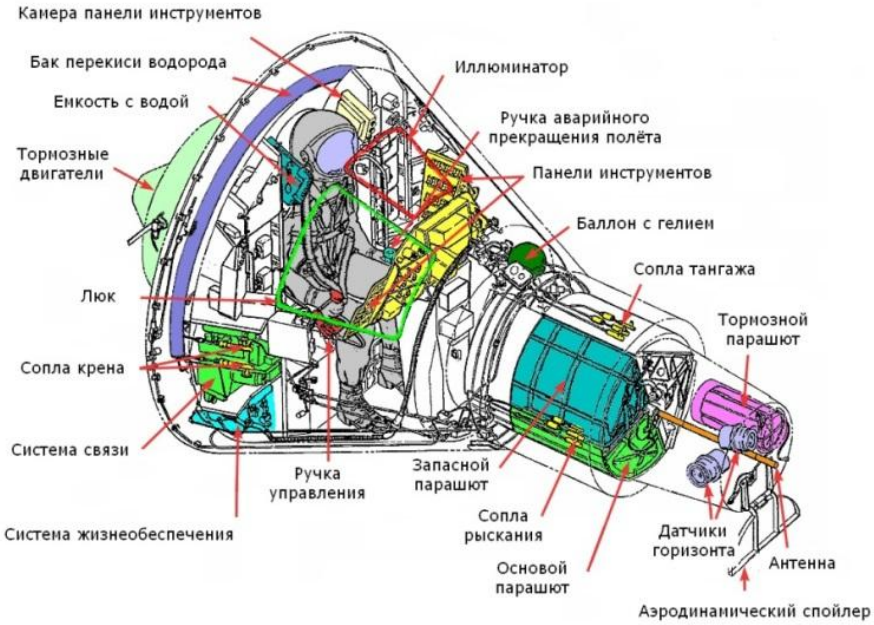
На «Востоках» использовались жалюзи, которые то открывались, увеличивая излучающую площадь корабля, то закрывались. На «Меркуриях» стояла система, использующая испарение воды в вакууме. Она была компактней и легче, но проблем с ней было больше, например, в полёте Купера она знала только два состояния — «жарко» и «холодно».

Внутренние элементы конструкции

Внутренняя компоновка корабля «Восток»:



Внутренняя компоновка корабля «Меркурий»:



Панель инструментов

Панели инструментов нагляднее всего показывают разницу подходов в проектировании. «Восток» делали проектировщики ракет, поэтому его панель инструментов отличается минимумом элементов управления:

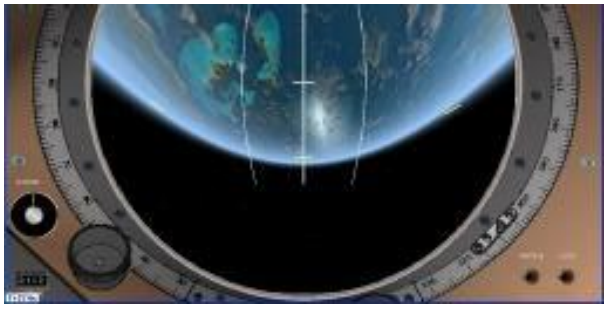
Фотография. Основная панель.

«Меркурий» же делали бывшие конструкторы самолётов, да и астронавты прилагали усилия к тому, чтобы кабина была для них привычной. Поэтому элементов управления гораздо больше:

В то же время схожесть задач породила одинаковые приборы. И на «Востоке» и на «Меркурии» был глобус с часовым механизмом, показывающий текущее положение аппарата и расчетное место посадки. И на «Востоках» и на «Меркуриях» были индикаторы этапов полёта — на «Меркуриях» это «Управление полётными операциями» на левой панели, на «Востоках» —

индикаторы «Спуск-1», «Спуск-2», «Спуск-3» и «Приготовиться к катапультированию» на центральной панели. На обоих кораблях была система ручной ориентации:

«Взор» на «Востоках». Если на периферийной части со всех сторон горизонт, а Земля в центре движется снизу вверх, то ориентация на торможение правильная.



Перископ на «Меркуриях». Отметки показывают правильную ориентацию на торможение.

Система жизнеобеспечения

На обоих кораблях полет производился в скафандрах. В «Востоке» поддерживалась атмосфера близкая к земной — давление 1 атм, в воздухе кислород и азот. На «Меркуриях» для экономии веса атмосфера была чисто кислородная при пониженном давлении. Это добавляло неудобств —

астронавту нужно было около двух часов перед пуском дышать в корабле кислородом, при выведении нужно было стравливать атмосферу из капсулы, затем перекрывать вентиляционный клапан, а при посадке снова открывать его для повышения давления вместе с атмосферным.

Санитарно-гигиеническая система была более продвинутая на «Востоках» — летая несколько суток была возможность удовлетворения большой и малой потребностей. На «Меркурии» стояли только мочеприемники, от больших гигиенических проблем спасала специальная диета.

Электросистема

Оба корабля использовали энергию аккумуляторов. «Востоки» были повыносливее, на «Меркуриях» суточный полёт Купера завершался в условиях отказа доброй половины приборов.

"Союз-Аполлон"

15 июля исполнилось 40 лет миссии "Союз-Аполлон", историческому полету, который часто считают окончанием космической гонки. Впервые два корабля, построенные на противоположных полушариях, встретились и состыковались в космосе. "Союз" и "Аполлон" были уже третьим поколением космических аппаратов. К этому моменту конструкторские коллективы уже "набили шишки" на первых экспериментах, и новые корабли должны были находиться в космосе долго и выполнять новые сложные задачи. Думаю, будет интересно посмотреть, к каким техническим решениям пришли коллективы конструкторов.

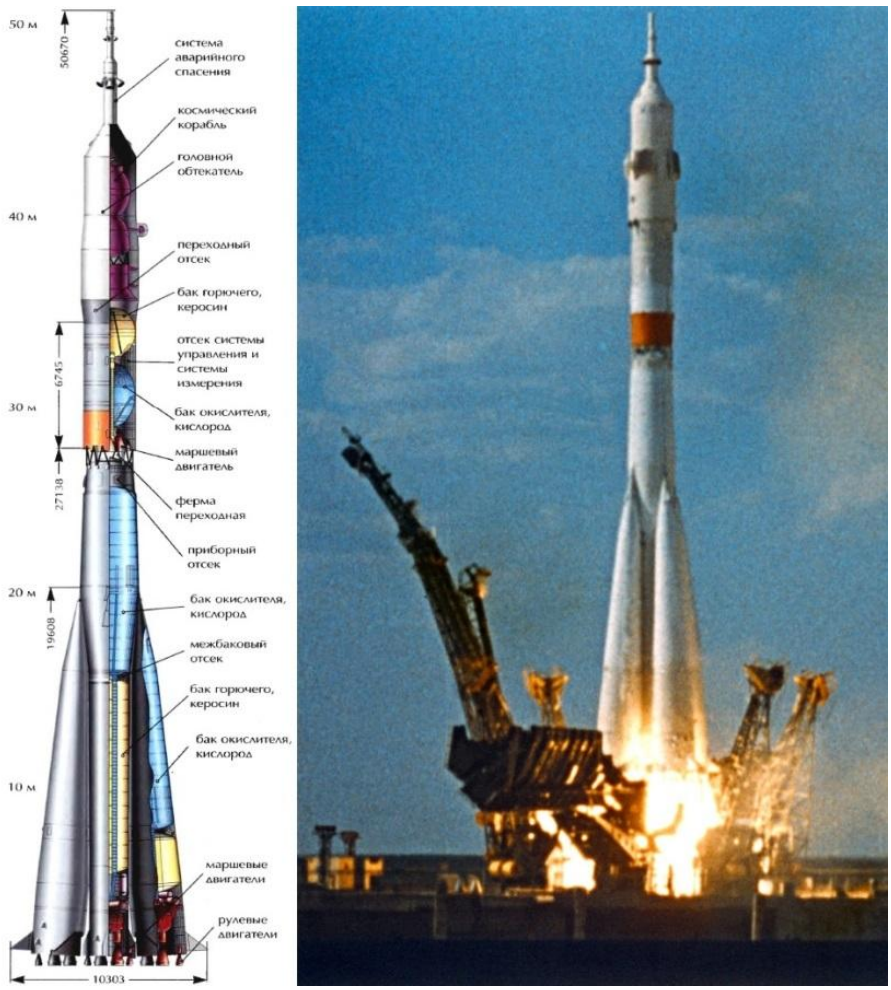
Любопытно, но в изначальных планах и "Союзы" и "Аполлоны" должны были стать аппаратами второго поколения. Но в США достаточно быстро осознали, что между последним полетом "Меркурия" и первым полетом "Аполлона" пройдет несколько лет, и для того, чтобы это время не пропало зря, была запущена программа "Джемини". А СССР ответил на "Джемини" своими "Восходами".

Также, для обоих аппаратов главной целью была Луна. США не жалели денег на лунную гонку, потому что до 1966 года СССР имел приоритет во всех значимых космических достижениях. Первый спутник, первые лунные станции, первый человек на орбите и первый человек в открытом космосе - все эти достижения были советскими. Американцы изо всех сил стремились "догнать и перегнать" Советский Союз. А в СССР задача пилотируемой лунной программы на фоне космических побед затмевалась другими насущными задачами, например, надо было догонять США по количеству баллистических ракет. Пилотируемые лунные программы - это отдельный большой разговор, а здесь мы поговорим про аппараты в орбитальной конфигурации, такой, в какой они встретились на орбите 17 июля 1975 года. Также, поскольку корабль "Союз" летает много лет и претерпел множество модификаций, говоря о "Союзе", мы будем иметь в виду версии близкие по времени к полету "Союз-Аполлона".

Средства выведения

Ракета-носитель, про которую обычно редко вспоминают, выводит космический корабль на орбиту и определяет многие его параметры, главными из которых будут максимальный вес и максимальный возможный диаметр.

В СССР для вывода нового корабля на околоземную орбиту решили использовать новую модификацию ракеты семейства "Р-7". На РН "Восход" заменили двигатель третьей ступени на более мощный, что увеличило грузоподъемность с 6 до 7 тонн. Корабль не мог иметь диаметр больше 3 метров, потому что в 60-х годах аналоговые системы управления не могли стабилизировать надкалиберные обтекатели.



Слева схема РН "Союз", справа - старт корабля "Союз-19" миссии "Союз-Аполлон"

В США для орбитальных полетов использовалась специально разработанная для "Аполлонов" РН "Saturn-I" В модификации -I она могла вывести на орбиту 18 тонн, а в модификации -IB - 21 тонну. Диаметр "Сатурна" превышал 6 метров, поэтому ограничения на размер космического корабля были минимальными.

По размерам и весу "Союз" легче, тоньше и меньше "Аполлона". "Союз" весил 6,5-6,8 т. и имел максимальный диаметр 2,72 м. "Аполлон" имел максимальную массу 28 т (в лунном варианте, для околоземных миссий топливные баки были не полностью залиты) и максимальный диаметр 3,9 м.

"Союз" и "Аполлон" реализовывали ставшую уже стандартной схему деления корабля на отсеки. Оба корабля имели приборно-агрегатный отсек (в США он называется сервисным модулем), спускаемый аппарат (командный

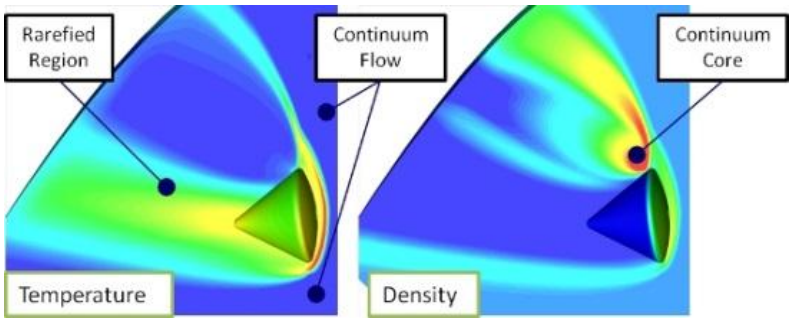
модуль). Спускаемый аппарат "Союза" получился очень тесным, поэтому на корабль был добавлен бытовой отсек, который также мог использоваться как шлюзовая камера для выхода в открытый космос. В миссии "Союз-Аполлон" американский корабль также имел третий модуль, специальную шлюзовую камеру для перехода между кораблями.

"Союз" по советской традиции запускался целиком под обтекателем. Это позволяло не заботиться об аэродинамике корабля на выведении и располагать на наружной поверхности хрупкие антенны, датчики, солнечные батареи и прочие элементы. Также, бытовой отсек и спускаемый аппарат покрыты слоем космической теплоизоляции. "Аполлоны" продолжали американскую традицию - аппарат на выведении был закрыт лишь частично, носовую часть прикрывала баллистическая крышка, выполненная конструктивно вместе с системой спасения, а с хвостовой части корабль был закрыт переходником-обтекателем.

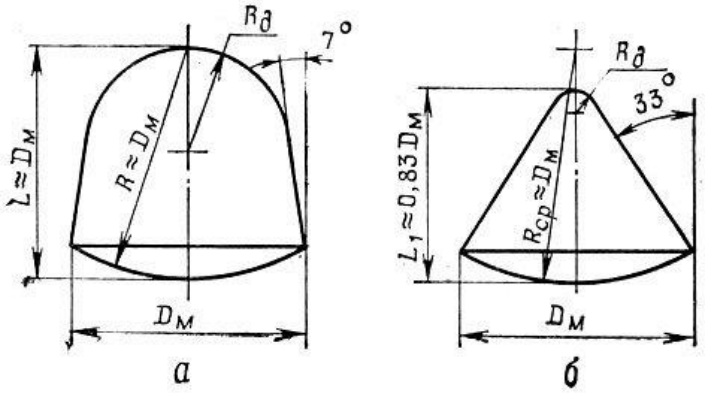
"Союз" более поздней модификации в разрезе

Спускаемые аппараты "Союза" и "Аполлона" похожи друг на друга больше, чем это было в предыдущих поколениях космических кораблей. В СССР конструкторы отказались от сферического спускаемого аппарата - при возвращении с Луны он потребовал бы очень узкого коридора входа (максимальная и минимальная высота, между которыми нужно попасть для успешной посадки), создал бы перегрузку свыше 12 g, а район посадки

измерялся бы десятками, если не сотнями, километров. Конический спускаемый аппарат создавал подъемную силу при торможении в атмосфере и, поворачиваясь, менял ее направление, управляя полетом. При возвращении с земной орбиты перегрузка снижалась с 9 до 3-5 g, а при возвращении с Луны - с 12 до 7-8 g. Управляемый спуск серьезно расширял коридор входа, повышая надежность посадки, и очень серьезно уменьшал размеры района посадки, облегчая поиск и эвакуацию космонавтов.



Расчет несимметричного обтекания конуса при торможении в атмосфере



Спускаемые аппараты "Союза" и "Аполлона"

Диаметр 4 м, выбранный для "Аполлона", позволил сделать конус с углом полураствора 33°. Такой спускаемый аппарат имеет аэродинамическое качество порядка 0,45, а его боковые стенки практически не нагреваются при торможении. Но его недостатком были две точки устойчивого равновесия - "Аполлон" должен был входить в атмосферу ориентированным дном по направлению полета, потому что в случае входа в атмосферу боком, он мог перевернуться в положение "носом вперед" и погубить астронавтов. Диаметр 2,7 м для "Союза" делал такой конус нерациональным - слишком много места

пропадало впустую. Поэтому был создан спускаемый аппарат типа "фара" с углом полураствора всего 7°. Он эффективно использует пространство, имеет только одну точку устойчивого равновесия, но его аэродинамическое качество ниже, порядка 0,3, а для боковых стенок требуется теплозащита.

В качестве теплозащитного покрытия использовались уже освоенные материалы. В СССР применяли фенол-формальдегидные смолы на тканевой основе, а в США - эпоксидную смолу на матрице из стеклопластика. Механизм работы был одинаковый - теплозащита обгорала и разрушалась, создавая дополнительный слой между кораблем и атмосферой, а сгоревшие частицы принимали на себя и уносили тепловую энергию.

Двигательная система

И "Аполлоны" и "Союзы" имели маршевые двигатели для коррекции орбиты и двигатели ориентации для изменения положения корабля в пространстве и выполнения точных маневров по стыковке. На "Союзе" система орбитального маневрирования была установлена впервые для советских космических кораблей. По каким-то причинам конструкторы выбрали не очень удачную компоновку, когда маршевый двигатель работал от одного топлива (НДМГ+АТ), а двигатели причаливания и ориентации - от другого (перекись водорода). В сочетании с тем, что на "Союзе" баки вмещали 500 кг топлива, а на "Аполлоне" 18 тонн, это привело к разнице запаса характеристической скорости на порядок - "Аполлон" мог изменить свою скорость на 2800 м/с, а "Союз" только на 215 м/с. Больший запас характеристической скорости даже недозаправленного "Аполлона" делал его очевидным кандидатом на активную роль при сближении и стыковке.

Система посадки

Системы посадки развивали наработки и традиции соответствующих стран. США продолжали сажать корабли на воду. После экспериментов с системами посадки "Меркуриев" и "Джемини" был выбран простой и

надежный вариант - на корабле стояли два тормозных и три основных парашюта. Основные парашюты были резервированы, и безопасная посадка обеспечивалась при отказе одного из них. Такой отказ произошел при посадке "Аполлона-15", и ничего страшного не случилось. Резервирование парашютов позволило отказаться от индивидуальных парашютов астронавтов "Меркурия" и катапультных кресел "Джемини".

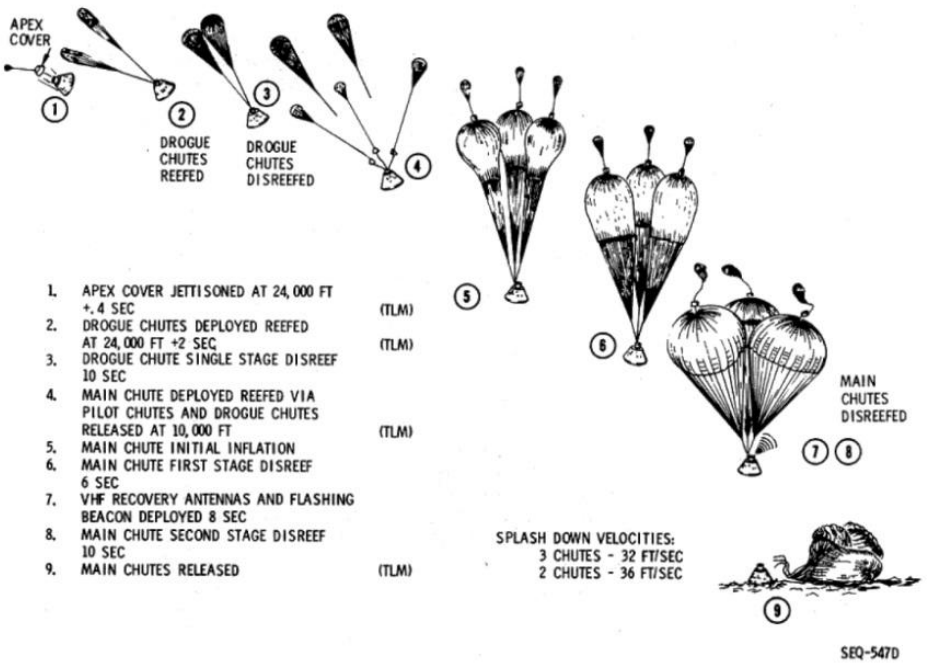


Figure 2.9-31. Earth Landing System, Normal Sequence

Схема посадки "Аполлона"

В СССР традиционно сажали корабль на сушу. Идеологически система посадки развивает парашютно-реактивную посадку "Восходов". После сброса крышки парашютного контейнера срабатывают последовательно вытяжной, тормозной и основной парашюты (на случай отказа системы установлен запасной). Корабль спускается на одном парашюте, на высоте 5,8 км сбрасывается теплозащитный экран, а на высоте ~1 м срабатывают реактивные двигатели мягкой посадки (ДМП). Система получилась интересная - работа ДМП создает эффектные кадры, но комфортность посадки изменяется в очень широком диапазоне. Если космонавтам везет, то удар о землю практически

неощутим. Если нет, то корабль может чувствительно удариться о землю, а если совсем не повезет, то еще и опрокинется на бок.

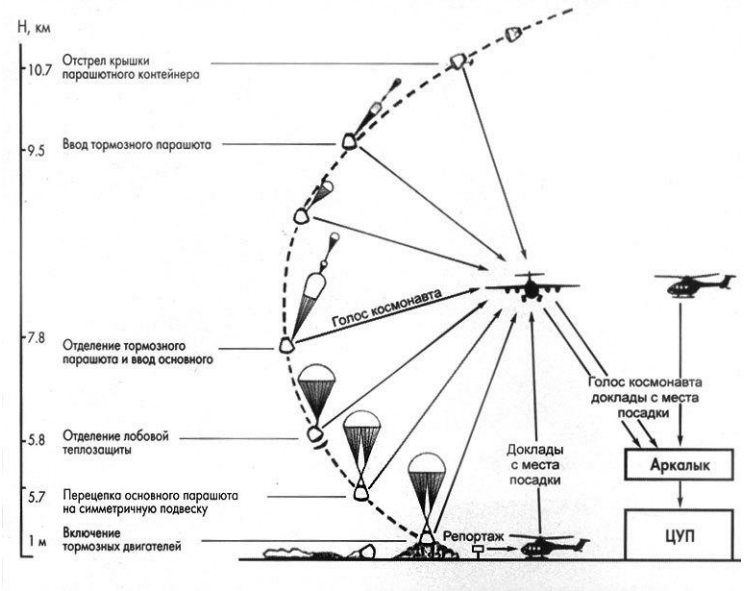


Схема посадки

Система аварийного спасения

Любопытно, но, идя разными путями, СССР и США пришли к одинаковой системе спасения. В случае аварии специальный твердотопливный двигатель, стоявший на самом верху ракеты-носителя, отрывал спускаемый аппарат с космонавтами и уносил его в сторону. Посадка производилась штатными средствами спускаемого аппарата. Такая система спасения оказалась самой хорошей из всех использованных вариантов - она простая, надежная и обеспечивает спасение космонавтов на всех этапах выведения. В реальной аварии она применялась один раз и спасла жизни Владимира Титова и Геннадия Стрекалова, унеся спускаемый аппарат от горящей в стартовом сооружении ракеты.

Система терморегуляции

В обоих кораблях использовалась система терморегуляции с теплоносителем и радиаторами. Покрашенные в белый цвет для лучшего излучения тепла радиаторы стояли на сервисных модулях и даже выглядели

одинаково:И "Аполлоны" и "Союзы" проектировали с учетом возможной необходимости внекорабельной деятельности (выхода в открытый космос). Конструкторские решения также были традиционными для стран - США разгерметизировали весь командный модуль и выходили наружу через стандартный люк, а СССР использовал бытовой отсек в качестве шлюзовой камеры.

Система стыковки

И "Союз" и "Аполлон" использовали стыковочное устройство типа "штырь-конус". Поскольку при стыковке активно маневрировал корабль, и на "Союзе" и на "Аполлоне" были установлены штыри. А для программы "Союз-Аполлон", чтобы никому не было обидно, разработали универсальный андрогинный стыковочный агрегат. Андрогинность означала, что могли состыковаться любые два корабля с такими узлами (а не только парные, один со штырем, другой с конусом).

Кабина и оборудование

По составу оборудования "Аполлон" заметно превосходил "Союз". Прежде всего, в состав оборудования "Аполлона" конструкторы сумели добавить полноценную гиростабилизированную платформу, которая с высокой точностью хранила данные о положении и скорости корабля. Далее, командный модуль имел мощный и гибкий для своего времени компьютер, который при необходимости можно было бы перепрограммировать прямо в полете (и такие случаи известны). Интересной особенностью "Аполлона" было также отдельное рабочее место для астронавигации. Оно использовалось только в космосе и было расположено под ногами астронавтов.

Несмотря на то, что оборудование "Союза" было проще, оно было самым продвинутым для советских кораблей. На корабле впервые появился бортовой цифровой компьютер, а в состав систем корабля входило оборудование для автоматической стыковки. Впервые в космосе использовались многофункциональные индикаторы на электронно-лучевой трубке.

Система жизнеобеспечения

Система жизнеобеспечения была традиционной для стран. В США использовалась кислородная атмосфера при пониженном давлении, в СССР - кислородно-азотная смесь при атмосферном давлении. Эта ситуация делала невозможной прямую стыковку кораблей. Пришлось делать специальный шлюзовой отсек. Причем если из "Аполлона" в "Союз" можно было перейти очень быстро, то для обратного перехода приходилось три часа сидеть в шлюзовом отсеке, дыша чистым кислородом, чтобы удалить из крови азот. Даже советские комбинезоны становились пожароопасными в атмосфере "Аполлонов", и пришлось разрабатывать специальную ткань, в которой советские космонавты смогли бы навестить "Аполлон". Как показала практика, неудобства кислородной атмосферы перевесили ее достоинства, уже на Спейс Шаттлах атмосфера была близка к земной, и сейчас на чисто кислородной атмосфере никто не летает.

Специфика атмосферы означала, что на старте "Аполлона" астронавты должны были быть в скафандрах. На "Союзах" же летали в спортивных костюмах до катастрофы "Союза-11", после чего для безопасности старт и посадка стали происходить только в скафандрах.

С точки зрения удобства кабина "Союза" маленькая и тесная, но это компенсируется бытовым отсеком.

Система электропитания

"Аполлоны" использовали очень удобную для полетов длительностью 2-3 недели систему - топливные элементы. Водород и кислород, соединяясь, вырабатывали энергию, а полученная вода использовалась экипажем. На "Союзах" в разных версиях стояли разные источники энергии. Были варианты с топливными элементами, а для полета "Союз-Аполлон" на корабле установили солнечные батареи.

Заключение

Оба типа кораблей были вершиной техники своих стран. Будучи первыми, оба типа имели как удачные решения, так и неудачные. Идеи, заложенные в «Меркурий» живут в системах спасения и конических капсулах, а внуки «Востока» до сих пор летают — «Фотоны» и «Бионы» используют такие же сферические спускаемые аппараты:

В целом, «Востоки» и «Меркурии» оказались хорошими кораблями, позволившими сделать первые шаги в космос, и избежавшими фатальных происшествий.

И "Союзы" и "Аполлоны" оказались по-своему очень удачными кораблями. "Аполлоны" успешно слетали к Луне и станции "Скайлэб". А "Союзы" получили крайне долгую и успешную жизнь, став основным кораблем для полетов к орбитальным станциям, с 2011 года они возят на МКС и американских астронавтов, и будут возить их, как минимум, до 2018 года.

Но за этот успех была заплачена очень дорогая цена. И "Союз" и "Аполлон" стали первыми кораблями, в которых погибли люди. Что еще печальнее, если бы конструкторы, инженеры и рабочие меньше спешили и после первых успехов не перестали бы бояться космоса, то Комаров, Добровольский, Волков, Пацаев, Гриссом, Уайт и Чеффи были бы живы.