

## Испытания спускаемых аппаратов состоялись!

Спускаемый аппарат (СА) — космический аппарат или часть космического аппарата, предназначенный для спуска людей, аппаратуры и/или подопытных животных с орбиты искусственного спутника или с межпланетной траектории и мягкой посадки на поверхность Земли либо другого небесного тела.

СА может являться частью космического аппарата, совершающего полёт на орбите искусственного спутника небесного тела (например, орбитального аппарата или орбитальной станции, от которого СА отделяется перед спуском) либо космического аппарата, совершающего межпланетный полёт (например, автоматической межпланетной станции от перелётного модуля которой СА отделяется перед спуском).

14 ноября, в 14.00 из кабинета 306, находящегося на тот момент, на околопланетарной орбите планеты Ялмез, сходной по всем параметрам с нашей Землёй. Были испытаны спускаемые аппараты двух модификаций:

Первый разработали конструкторы-испытатели семиклассники Баркан Алёна и Винокуров Артур, разработчики второго предпочли остаться неизвестными.



Ровно в назначенное время были отстыкованы спускаемые аппараты с орбитальной станции. Не всё прошло гладко.



Но как видно из фотоотчёта один из космонавтов-испытателей всё также улыбался, как и до начала эксперимента.

Удачи Вам конструкторы в дальнейшем!

Главная техническая задача мягкой посадки состоит в том, чтобы уменьшить скорость движения аппарата от космической (иногда, десятки километров в секунду) практически до нуля. Эта задача решается разными способами, причём часто для одного и того же аппарата на разных участках спуска последовательно используются разные способы.

#### **Спуск с помощью ракетного двигателя.**

Также применяется термин «моторная посадка». Для обеспечения торможения и спуска этот способ требует наличия на борту аппарата примерно такого же запаса топлива, как для вывода на орбиту этого аппарата с поверхности планеты. Поэтому этот способ используется на всей траектории спуска (как единственно возможный) лишь при посадке на поверхность небесного тела, лишённого атмосферы, (например, Луны). При наличии на планете атмосферы ракетные двигатели используются только на начальной стадии спуска — для перехода с космической орбиты (траектории) на траекторию спуска, до входа в атмосферу, а также на заключительном этапе, перед самым касанием поверхности, для гашения остаточной скорости падения.

#### **Аэродинамическое торможение.**

Спускаемые аппараты космических кораблей серий «Восток» и «Восход» спускались по баллистической траектории

При быстром движении аппарата в атмосфере возникает сила сопротивления среды — аэродинамическая, которая используется для его торможения. Поскольку аэродинамическое торможение не требует затрат топлива, этот способ используется всегда при спуске на планету, обладающую атмосферой. При аэродинамическом торможении кинетическая энергия аппарата превращается в тепло, сообщаемое воздуху и поверхности аппарата. Общее количество тепла, выделяемого, например, при аэродинамическом спуске с околоземной орбиты составляет свыше 30 мегаджоулей в расчёте на 1 кг массы аппарата. Большая часть этой теплоты уносится потоком воздуха, но и лобовая поверхность СА может нагреваться до температуры в несколько тысяч градусов, поэтому он должен иметь соответствующую тепловую защиту.

Аэродинамическое торможение особенно эффективно на сверхзвуковых скоростях, поэтому используется для торможения от космических до скоростей порядка сотен м/с. На более низких скоростях используются парашюты.

Возможны разные траектории снижения аппарата при аэродинамическом торможении. Рассматриваются обычно два случая: баллистический спуск и планирование.

#### **Баллистический спуск.**

При баллистическом спуске вектор равнодействующей аэродинамических сил направлен прямо противоположно вектору скорости движения аппарата. Спуск по баллистической траектории не требует управления и потому применялся на первых космических кораблях Восток, Восход и Меркурий.

СА Восток и Восход имели шарообразную форму и центр тяжести, смещённый вниз к более теплозащищённому днищу. При входе в атмосферу такой аппарат автоматически без применения рулей занимает положение днищем к потоку и космонавт переносит перегрузки в наиболее удобном положении спиной вниз.

Недостатком этого способа является большая крутизна траектории, и, как следствие, вхождение аппарата в плотные слои атмосферы на большой скорости, что приводит к сильному аэродинамическому нагреву аппарата и к перегрузкам, иногда превышающим 10g — близким к предельно допустимым значениям для человека.



## Планирование.

СА корабля Аполлон имеет коническую форму и смещённый вбок центр тяжести

Альтернативой баллистическому спуску является планирование. Внешний корпус аппарата в этом случае имеет, как правило, коническую форму и закруглённое днище, причём ось конуса составляет некоторый угол (угол атаки) с вектором скорости аппарата, за счёт чего равнодействующая аэродинамических сил имеет составляющую, перпендикулярную к вектору скорости аппарата — подъёмную силу. За счёт работы газовых рулей аппарат поворачивается нужной стороной и начинает как бы взлетать по отношению к набегающему потоку. Благодаря этому аппарат снижается медленнее, траектория его спуска становится более полой и длинной. Участок торможения растягивается и по длине и во времени, а максимальные перегрузки и интенсивность аэродинамического нагрева могут быть снижены в несколько раз, по сравнению с баллистическим торможением, что делает планирующий спуск более безопасным и комфортным для людей.

Аппараты с крыльями и типа «летающий корпус» более эффективно используют подъёмную силу

Угол атаки при спуске меняется в зависимости от скорости полёта и текущей плотности воздуха. В верхних, разреженных слоях атмосферы он может достигать  $40^\circ$ , постепенно уменьшаясь со снижением аппарата. Это требует наличия на СА системы управления планирующим полётом, что усложняет и утяжеляет аппарат, и в случаях, когда он служит для спуска только аппаратуры, которая способна выдерживать более высокие перегрузки, чем человек, используется, как правило, баллистическое торможение.



*Орбитер Спейс Шаттла выполняет мягкую посадку*

Орбитер космического «челнока» Спейс Шаттл, при возврате на Землю выполняющий функцию спускаемого аппарата, планирует на всём участке спуска от входа в атмосферу до касания шасси посадочной полосы, после чего выпускается тормозной парашют.

*Спуск СА «Союз ТМ» на парашюте*

Спуск Феникса на парашюте. Съёмка с высокого разрешения, с расстояния

### **Спуск с помощью парашютов.**

Этот способ используется после того, участке аэродинамического торможения аппарата снизится до дозвуковой. плотной атмосфере гасит скорость почти до нуля и обеспечивает мягкую на поверхность планеты.

В разреженной атмосфере Марса менее эффективны, поэтому на заключительном участке спуска парашют отцепляется и включаются посадочные ракетные двигатели.



MRO камерой около 760 км

как на скорость Парашют в аппарата посадку его

парашюты

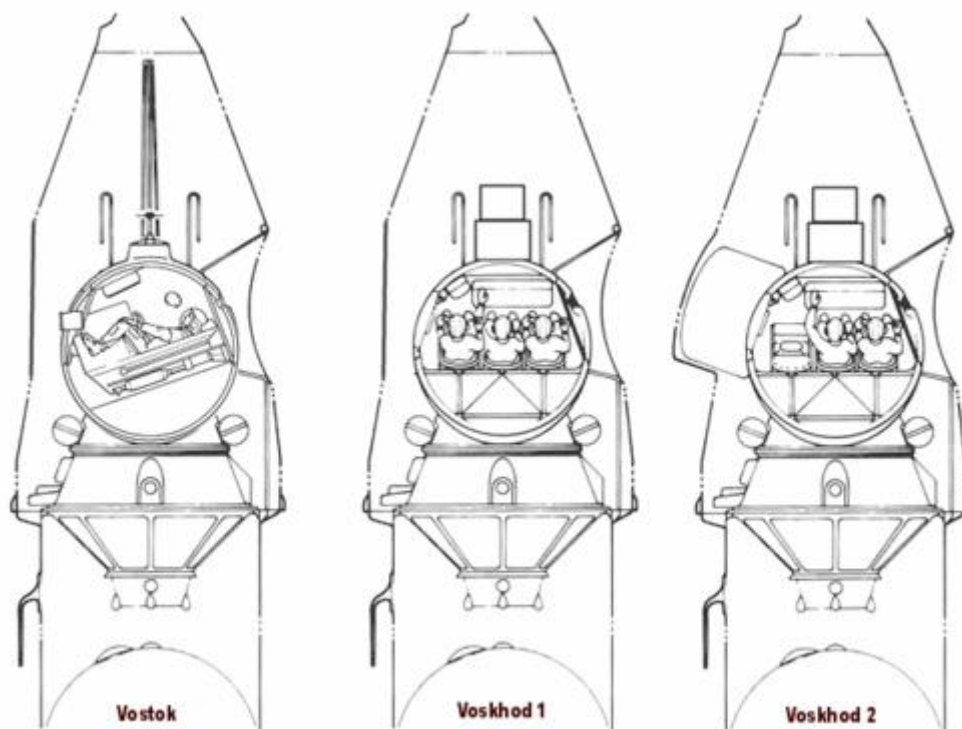
Спускаемые пилотируемые аппараты космических кораблей серии «Союз», предназначенные для приземления на сушу, также имеют твёрдотопливные тормозные двигатели, включающиеся за несколько секунд до касания земли, чтобы обеспечить более безопасную и комфортную посадку.

Спускаемый аппарат станции Венера-13 после спуска на парашюте до высоты 47 км сбросил его и возобновил аэродинамическое торможение. Такая программа спуска была продиктована особенностями атмосферы Венеры, нижние слои которой очень плотные и горячие (до 500° С).

Конструктивно спускаемые аппараты могут существенно отличаться друг от друга в зависимости от характера полезной нагрузки и от физических условий на поверхности планеты, на которую производится посадка.

#### **Состоявшиеся пилотируемые спускаемые аппараты.**

Шарообразные СА диаметром 2,3 м кораблей Восток и Восход вмещали от одного до трёх человек (СССР, 1961—65)



Mercury-cutaway.png

Command Module  
Shenzhou5-3.JPG

Gemini spacecraft.jpg

Soyuz-TMA seat  
Module diagram.jpg

В СА «Меркурий» свободного места не больше, чем в маленьком самолёте (США, 1961—62).

В двухместном СА «Джемини» космонавты летали до двух недель (США, 1964—66) В СА «Союз ТМА» диаметром 2,2 м взлетают и садятся три человека (Россия).





Самый крупный из всех бескрылых СА «Аполлон» тоже был довольно тесен (США, 1967—75)

Спускаемый аппарат Шэньчжоу-5 (КНР) формой и размерами похож на «Союз».



Некоторые разрабатывавшиеся, но не летавшие пилотируемые спускаемые аппараты.



Конусообразный трёхместный СА «ТКС» (СССР, 1970—1991).

Проект СА лунного и марсианского космического корабля Орион (США).



Википедия.

**Ждём новых идей!  
До следующих испытаний!**