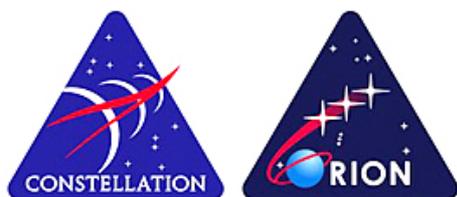


К Созданию Лунной Базы: Есть ли Что Взять из Аполло-Наследия?

Фил Кутс
Март 2015

Несмотря на объявленные успехи программы Аполлон, НАСА в наши дни, как будто впервые, разрабатывает технологии и системы для безопасных полетов к Луне и обратно. Что уж тогда говорить о создании лунной базы. По-видимому, Агентству следует поискать возможность присоединиться к международному лунному проекту.



Несмотря на объявленное в 2010 году закрытие Программы "Созвездие" (ПС), работа над технологиями для полетов за пределы Низкой Околосредней Орбиты (НОО) продолжилась без перерыва [NEXUS, 2014]. Однако теперь отсутствует один из существенных аспектов той программы: идея разработки лунного форпоста. Эта идея первоначально обсуждалась в деталях [Arch. Study, 2005, p.75], но сейчас она очевидным образом исчезла из текущих планов НАСА.

Лунная база, вообще говоря, уже более двадцати лет рассматривалась как захватывающая воображение идея даже до ПС [Lunar Base, 1999], и программа, казалось, давала хороший шанс для реализации этой идеи в приемлемые сроки. Тем не менее, после пяти лет исследований и предварительных работ по проекту некоторые существенные элементы программы посещения Луны просто исчезли из текущих планов. **НАСА сейчас очень медленно и тщательно работает над отдельными проблемами, которые должны были быть давным-давно безусловно решены, если лунные высадки действительно имели место.** Хотя некоторый прогресс и был достигнут в течение последних 10 лет, современный охват проблем весьма незначителен по сравнению с объемом работ, якобы завершенных более 40 лет назад.

Испытания Капсулы Орион



Вид капсулы Орион при входе её в атмосферу при температуре $T=2200\text{ }^{\circ}\text{C}$
Представьте, что будет при $T=2700\text{ }^{\circ}\text{C}$ - [view video clip](#)

Основным знаменательным событием в последнее время, конечно, явился испытательный полет 5 декабря 2014 года капсулы Орион, предназначенной для доставки космических экипажей за пределы НОО и, самое главное, для безопасного возвращения их обратно на Землю. Орион достиг высоты 5800 км и затем возвратился на Землю при скорости входа в атмосферу 8,9 км в секунду, при этом температура его теплового щита достигала $2200\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Orion Blog, 2014]. Приводнилась капсула успешно, как планировалось, вблизи ожидавших ее кораблей ВМФ США.

Ориона были обложены керамической плиткой, аналогичной той, которая использовалась для защиты Космических Челноков (Шаттлов), и это был новый элемент по сравнению с конструкцией капсулы Командного Модуля Аполлона (КМ). Насколько важна эта инновация? И если это необходимо, то как тогда КМ Аполлона обходились без подобной защиты, выдерживая жар плазмы, обволакивающей КМ при входе в атмосферу Земли?

Таким образом, испытание прошло успешно, но что было в нем особенного? Боковые стенки

Вместе с тем, важнейший элемент в процессе возвращения капсулы с экипажем, а именно, скользящий вход, еще только предстоит изучить экспериментально после тщательных теоретических исследований в ходе ПС [Bairstow, 2006; NASA Johnson, 2011]. Большинство задач в этой новой для НАСА методике приземления вращается вокруг идеи точной посадки вблизи тихоокеанского

побережья США [Arch. Study, 2005, стр.263; Кая, 2008, стр.65]. Этот подход, который, в сущности, является дополнительным удобством при возвращении из-за пределов НОО, теперь представляется в виде фактической цели последних усилий в научно-технических разработках по этой теме, как если бы все остальные проблемы были решены раньше. Однако все это, скажем так, - просто вишенка на торт, который еще надо испечь.

Ключевой проблемой остается обеспечение безопасного возвращения экипажа. Во время работы над ПС, было признано, что *"...различие между прямым входом, типичным для возвращения экипажей с МКС (Международной Космической Станции), и входом по скользящей траектории с отскоком в случае возвращения с Луны заключается в длительности фазы отскока, который возникает в процессе возвращения капсулы. В Программе Аполлон применялся прямой вход для возвращения экипажа с Луны. Никогда еще в программах пилотируемых космических полетов скользящий вход не применялся..."* [NASA Johnson, 2011, стр.5]. В лучшем случае, типичный профиль входа миссий Аполлон может интерпретироваться как "двойной нырок" [Кая, 2008, стр.26], который в корне отличается от техники скользящего входа.

(см. Комментарий от редакции *"О Входе Спускаемых Аппаратов в Атмосферу"* - в конце статьи)

Общее время торможения КМ Аполлона до раскрытия парашютов, как утверждается в отчетах миссий, обычно составляло приблизительно 8 минут, что представляется слишком кратким. Наоборот, скользящий вход предоставляет от 40 до 120 минут перерыва перед второй фазой замедления [Кая, 2008, стр.54], таким образом, это совершенно разные сценарии для рассеивания тепла и облегчения физической нагрузки для экипажа. *"После отскока в скользящем режиме аппарат проходит большую часть своей траектории вне атмосферы. Что же касается условий для рассеяния тепла, то это существенно способствует охлаждению капсулы в фазе выхода из атмосферы и для начала второй фазы входа с меньшей энергией."* [Кая, 2008, стр.57].

Кроме того, как видно из докладов миссий Аполлон-8, -10, и -11, КМ Аполлона осуществлял посадочный спуск по относительно короткой траектории, не более чем 3000 км, от зоны т.н. интерфейса входа в атмосферу до области приводнения капсулы. Это, как утверждается, происходило в сочетании с оптимистично скромными пиковыми перегрузками торможения. "Интерфейс входа в атмосферу" означает уровень параллельно поверхности Земли на высоте около 120 км. Величины ускорений перегрузки Аполлонов, как утверждается, были около $6,5g$ ¹ с максимальной пиковой величиной $6,84g$ для КМ Аполлона-8, причем это сочеталось с кратчайшей дальностью полета до посадки (около 2200 км до развертывания тормозных парашютов), в сравнении с другими посадками КМ Аполлонов. Однако даже эта "рекордная" пара заявленных результатов в целом противоречит результатам современных теоретических оценок в аналогичных аполлоновым комбинациях условий спуска КМ, где ускорение перегрузки при входе без скольжения с отскоком может легко достичь величин от $9g$ вплоть до $15g$. [Кая, 2008, стр.4-6; NASA Johnson, 2011, стр.29].

Имеет смысл сравнить экстремальные условия возвращения в режиме прямого входа по схеме Аполлон с условиями, типичными для Космического Челнока, где управляемый спуск позволяет *"контролировать траекторию входа от первоначального проникновения в земную атмосферу (на высоте 122 км и расстоянии примерно 7600 км от взлетно-посадочной полосы) до активации управления на конечном участке приземления."*² [Кая, 2008, стр.12].



Посадка Космического Челнока

Космические Челноки обычно возвращались с НОО в условиях, когда начальная скорость была $7,8$ км/сек максимум. Типичный КМ Аполлона, как полагается, возвращался из-за пределов НОО с первоначальной входной скоростью $11,2$ км/сек (без учета вращения Земли, которое дает поправку до примерно $0,45$ км/сек в зависимости от зоны интерфейса и направления входа - прим. ред.) и диапазоне тормозных расстояний не более чем 3000 км. Это следует сравнить с недавно представленным планом для посадки в режиме скользящего спуска с отскоком и при расстояниях входа до 8900 км. И, кроме того,

требуемая точность приземления теперь установлена в диапазоне около 10 км [Prelim. Report, 2011, стр.18] по сравнению с типичным отклонением около трех километров для известных приводнений КМ Аполлонов.

В общем и целом, успех при лунном возвращении опирается на жесткое сочетание строгих параметров, таких как: скорость входа; угол входа в атмосферу; протяженность участка торможения (включая профиль маршрута) до момента раскрытия парашютов. Это сочетание, в свою очередь, определяет результирующую комбинацию, как то: максимальная температура возвращаемой капсулы и максимальные перегрузки при торможении, действующие на экипаж в этой капсуле.

Ключевым аспектом здесь является то, что типичные заявленные комбинации входных параметров Аполлонов находятся за пределами разумного и, как набор требований для будущих миссий, больше не считаются эталоном.

Недавний набор параметров при испытаниях Ориона в декабре 2014 года включал перегрузку торможения до 8,2g при промежуточном значении скорости входа около 8,9 км/сек (т.е. не полном значении, которое должно быть близко ко второй космической скорости), так что фактические параметры, необходимые для лунного возвращения по схеме типа Аполлон, еще пока не опробованы.

Все выглядит так, как будто специалисты НАСА осторожно тестируют условия, которые только приближаются по сложности к тем, что якобы были уверенно освоены при спуске КМ Аполлонов. Методика скользящего спуска теперь признается как обязательное требование для безопасного возвращения с лунных траекторий в современных конфигурациях и сценариях. Такой подход, по существу, имеет решающее значение для целостности капсулы КМ, а также для сохранения здоровья экипажа, если вообще не для его выживания.

Таким образом, нет ничего, чему стоило бы поучиться из истории приземлений КМ Аполлонов, за исключением того, что мы не должны больше так делать, иначе приземление, скорее всего, пройдет в виде фатальной катастрофы.

Еще один интересный аспект связан с прохождением через нижний радиационный пояс Ван Аллена, когда были выключены бортовые камеры Ориона для их защиты от радиации [Orion Blog, 2014]. Опять же, как насчет КМ Аполлона с экипажем на борту, когда космический корабль Аполлон проходил сквозь ту же зону в своих полетах на Луну? Новые оценки возможных радиационных эффектов проводятся явно без опоры, и даже без ссылок, на прежний опыт Аполлонов.

Менеджмент и Планирование в Эпоху Аполлонов



Двигатель F-1

Теперь, в контексте оценки возможности полетов за пределы НОО, попытаемся понять, как этот тестовый полет Ориона вписывается в общую последовательность событий, приведших когда-то к успеху лунных миссий.

Чтобы лучше понять это, нам нужно взглянуть на фактическую цепочку основных технических шагов, сделанных до заявленной высадки на Луну в прошлом. Стоит отметить, что в сентябре 1963 года промежуточный доклад на совещании менеджеров в штаб-квартире НАСА выявил **очень серьезные проблемы программы Аполлон, включая проблемы со стабильностью горения в маршевом двигателе F-1.** На том заседании группа разработчиков сообщила техническому комитету, что, во-первых, **"высадка, скорее всего не может состояться в рамках десятилетия с приемлемым риском"**, и, во-вторых, **"первая попытка высадиться человеку на Луну, вероятно, состоится в конце 1971"** [Аполлон, 1989, стр.153]. В ответ менеджеры просто предложили прийти еще раз с чем-то лучшим, чем эти соображения.

Общеизвестно, что к середине 1967 года еще нужно было тестировать все важнейшие элементы программы Аполлон. Первый в истории пробный полет ракеты Сатурн-5 произошел 7 ноября, но другие ключевые элементы, такие как, например, Лунный Модуль (ЛМ), были все еще в процессе разработки. Общий план для успешной лунной миссии, согласно самому Агентству, выглядел в конце 1967 года следующим образом [Аполлон, 1989, стр.316]:

- A - Аполлон-4 и Аполлон-6, беспилотные миссии Сатурна-5;**
- B - беспилотные испытания ЛМ на НОО, бортовой тест на Аполлоне-5;**
- C - Аполлон-7, первый пилотируемый полет, запланированный на НОО, осенью 1968 года;**
- D - первый пилотируемый полет с использованием КМ и ЛМ, все еще на НОО;**
- E - КМ и ЛМ на высокой орбите до 7400 км от поверхности Земли;**
- F - первый полет к Луне, вход на лунную орбиту без посадки, опробование ЛМ;**
- G - первая посадка на Луну с экипажем.**

В то время было признано, что "каждая миссия имела свои собственные причины для существования. Ни одна из них не могла быть безопасно пропущена." [Аполлон, 1989, p.316].

Если мы представим Аполлон-11 как успешное достижение цели для всего списка этих шагов, то мы можем расположить эти шаги в хронологическом порядке таким образом:

Таблица 1

Год	1967 г.	1-я половина 1968 года	2-я половина 1968 года	1969 г.
Этап	A	A / B	C / D / E (?)	E (?) / F / G

Этот график, насыщенный радикальными задачами, вскоре был сделан еще более жестким. Теперь мы знаем, что даже завершение этапа A было проблематичным из-за неудовлетворительных результатов миссии Аполлон-6 в апреле 1968 года: продольные колебания первой ступени ракеты, отказ двух двигателей J-2 из пяти на второй ступени, и отказ повторного зажигания двигателя J-2 на третьей ступени.

Однако, при этом, в августе 1968 года, топ-менеджмент программы внезапно и тайно предложил "лететь прямо к Луне, опираясь лишь на единственный пилотируемый тест капсулы Аполлона, вообще на первом пилотируемом Сатурне-5 и, опять же, это был первый полет Сатурна-5 после известных неполадок беспилотной миссии Аполлон-6" [Аполлон, 1989, стр.317]. Это было чисто административное решение - лететь, несмотря на все очевидные технические проблемы.

Какой-то испытательный полет без ЛМ можно было бы рассматривать как нормальное решение в условиях, когда модуль мог быть готов не ранее начала 1969 года. Однако, план отправки экипажа сразу к Луне и обратно, без тестирования возвращаемой капсулы КМ во всем диапазоне условий возвращения, представлял собой максимально высокий риск, какой только можно вообразить.

(Речь о том, что шаг под литерой "D" не мог состояться в 1968 году, поскольку ЛМ не был готов к пилотируемому полету, хотя беспилотный макет ЛМ был опробован на борту Аполлона-5 в январе 1968 - см. главу про ЛМ ниже в статье. Таким образом, к середине 1968 г. НАСА было вынуждено перестраивать планы испытаний в отсутствие пилотируемого ЛМ. Напрашивалось соображение опробовать беспилотный КМ в режиме входа в атмосферу, близком к реально ожидаемому, то есть шаг под литерой "E" - прим. ред.).



Джеймс Уэбб

Это чрезвычайно "смелое" решение лететь прямо к Луне было принято группой топ-менеджеров в отсутствие Джеймса Уэбба, Администратора НАСА, который в тот решающий момент в августе 1968 года участвовал в международной конференции по мирному использованию космического пространства в Вене, Австрия. Реакция Уэбба была однозначной: он не мог в такое поверить. Джим Уэбб, человек безупречной репутации, который способствовал реализации лунной программы НАСА без компромиссов, не допускал возможным на этом этапе облет Луны с возвращением экипажа.

В результате 16 сентября Президент Джонсон предложил ему немедленно уйти в отставку, и 7 октября Уэбб покинул НАСА. На пресс-конференции в конце августа 1968 года, НАСА заявило, что Аполлон-8 предполагается быть "гибкой миссией" в контексте того, что космический аппарат может быть выведен на высокую орбиту над Землей, т.е. фактически это был шаг "E" в первоначальном плане (см. таблицу 1 выше), "с апогеем несколько тысяч миль." [Аполлон, 1989, с.323].

История с разработкой и испытаниями Ориона (см. также [NEXUS, 2014] - прим. ред.) выявила один из важнейших технических элементов, которого не хватало в том "смелом" плане 1968 года: шаг под литерой "Е", который позволил бы проверить КМ на высокой скорости возвращения. Тестирование этого жизненно важного для любой лунной миссии этапа было просто опущено, как если бы это было что-то незначительное. Испытание макета КМ в суборбитальном полете в 1966 году, в ограниченных тестовых условиях [AS-202, 1967], было шагом в правильном направлении, но этого было совершенно недостаточно для принятия решения сразу на облет Луны.

По-прежнему остается малопонятным, что побудило руководителей НАСА пойти на наивысший возможный риск. Объяснение такому поспешному иррациональному решению было скорее политическое: *"Единственной целью (хотя и не оглашенной публично) полета к Луне на такой ранней стадии было намерение повернуть Советы резким ударом"* [Аполлон, 1989, p.322].

Советские Запуски и Чем Ответило НАСА

Так что же именно происходило в советской лунной программе, которая заставила тогда НАСА так понервничать?



Советские почтовые марки, посвященные полету "Зондов", которые доказали возможность русских к концу 1969 г. вернуться на Землю после полета к Луне. (Кликните на изображение, чтобы [увеличить](#))

недооценены, оставаясь в тени славы Аполлонов. Фактически, успех Зонда-5 указывал, что русские разработали технологию безопасного возвращения со скоростью, равной второй космической скорости.

И теперь НАСА всерьез опасалось, что русские были способны отправить и человека в рамках той же задачи уже в ближайшее время, и это действительно было воспринято как угроза. Как отчаянный ответ на эту угрозу, НАСА представило декларированное устранение проблем Аполлона-6 как доказанный факт полной готовности ракеты-носителя Сатурн-5 к лунной миссии [NEXUS, 2014].

В ноябре 1968 года, со ссылкой на успешный полет в октябре 1968 на НОО ракеты Сатурн-1Б (которая технически была гораздо проще, если не полностью отличалась от Сатурна-5 с его проблематичным двигателем F-1) НАСА объявило, что Аполлон-8 будет теперь миссией с заходом на лунную орбиту. На самом деле, это был отчаянный технически необоснованный ход; и, как следствие, глубокие пробелы открылись в фактических возможностях НАСА. Как мы можем видеть, эти пробелы не закрыты до сих пор.

(В канун Рождества 1968 года НАСА объявило об отправке Аполлона-8 с экипажем на борту на облет Луны. Это произошло без предварительных испытаний входа в атмосферу Земли беспилотного КМ на второй космической скорости. Полет был объявлен как полностью успешный, включая беспроблемный спуск КМ. - прим. ред.)

Когда современный исследователь признает, что *"вместо полного скользящего спуска Аполлон делал двойной нырок."* - он делает логическое ударение на том, что капсула возвращалась в определенную зону посадки, нежели чем на том факте, что собственно принцип скользящего спуска обеспечивал безопасное возвращение: *"Советский Союз тоже использовал скользящие траектории для возвращения беспилотных Зондов на русскую площадку приземления."* [Кауа 2008, стр.26].

Это было время, когда русские уже успешно направили Зонд-4 для облета Луны с возвратом аппарата на Землю (хотя финальный этап посадки не был успешным) и готовились к запуску Зонда-5 [Zonds, 1968]. Под угрозой снова проиграть русским, которые, согласно сообщениям разведки, готовились вскоре провести пилотируемый облет Луны, Агентство ступило на катастрофически опасный путь дальнейшего срезания углов.

В сентябре 1968 года, Зонд-5 вернулся на Землю, успешно выполнив программу облета Луны с небольшими животными на борту, которые были возвращены живыми, впервые в истории освоения космоса. Важные результаты этой миссии по-прежнему

Принимая во внимание сложность задачи возвращения, как объяснено выше, заявление НАСА об отправке экипажа на облет Луны в 1968 г. - без разработки соответствующего оборудования, а также без отработки методики безопасного возвращения экипажа на Землю - означало только одно: это была чисто политическая декларация.

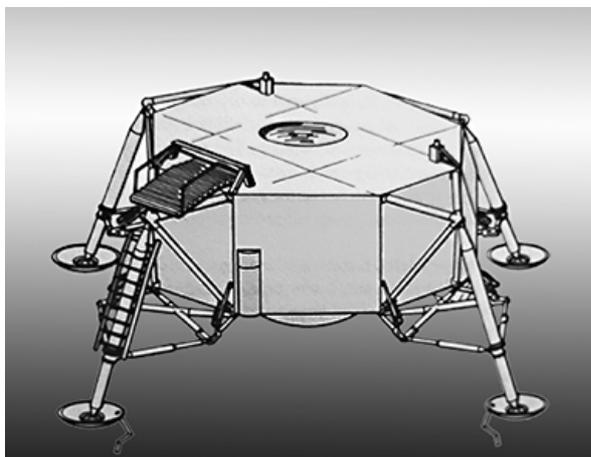
Следует признать без всяких оговорок, что технически экипажи еще никогда не посылались к Луне для облета или высадки. Человечество до сих пор имеет дело с научно-популярной фантастической историей, представленной как реальность.

Каким образом эта история была поставлена в виде яркого шоу и поддерживалась до сих пор, остается за рамками этой статьи.

Следующий шаг в беспилотных испытаниях КМ планируется в 2018 году как тест в полном диапазоне параметров возвращения после облета Луны, с предположением повторить его как пилотируемый (аналогично Аполлону-8 в 1968 г.) уже около 2021 года. [GAO, 2015, стр.8-9].

Модуль для Высадки на Луну Отсутствует

Хотя дизайн и технические характеристики аппарата, который бы приземлился на поверхность Луны и затем с нее взлетел, направляясь на стыковку с КМ на лунной орбите, были рассмотрены в начале ПС очень подробно [Arch. Study, 2005, p.158], теперь идеи такого рода испарились из планов НАСА. Чтобы быть более точным, никаких предположений относительно концепции лунного посадочного модуля не прозвучало в Президентском Указе 2010 года в адрес НАСА, оставляя инструментальный пакет для успешной миссии с высадкой на Луну принципиально неполным. Так что, если мы вообразим, что текущие планы разработки Стартовой Системы (SLS)³ и капсулы Орион будут выполнены, как это планируется в настоящее время, к 2021 году, то, тем не менее, **нет никаких признаков того, что после этого НАСА будет способно доставить человека на Луну в какие-то разумные сроки - в особенности при том, что дизайн взлетной ступени Лунного Модуля (ЛМ) Аполлона по-прежнему вызывает вопросы, была ли жизнеспособной эта конструкция для взлета с посадочной ступени.**



Посадочная ступень ЛМ.

Обратите внимание на плоскую и сплошную верхнюю поверхность с неглубоким "отверстием" в центре, над которым находится взлетный двигатель.

Дело в том, что посадочная ступень конструкции ЛМ имеет непрерывную сплошную верхнюю поверхность без каналов для истечения горячих газов в первоначальный момент взлета модуля.

Этот простой аспект конструкции был потенциально фатальным для взлетного модуля, который весьма вероятно мог просто свалиться в сторону от развивающегося "столба" собственного пламени.

Говоря по-простому, существует опасность опрокидывания взлетной ступени в самый начальный момент ее старта.

В своей книге мемуаров Томас Дж. Келли, главный инженер лунного посадочного модуля Аполлон, признается, что *"нестабильность сгорания топлива во взлетном двигателе являлась хронической проблемой, которая весьма медленно и неохотно поддавалась решению методом проб и ошибок"*, и была решена лишь к середине 1968 [Moon Lander, 2001, стр.132-136].

Доведение взлетного двигателя, вероятно, заняло непозволительно длительный период времени, поскольку в его очень подробных описаниях работы с макетами ЛМ, Том Келли не говорит нам об испытаниях легких макетов на отработку взлета в условиях земной силы тяжести, хотя мы должны предположить, что такие испытания должны были быть выполнены.

По словам Келли, ЛМ успешно испытали на борту Аполлона-5 на НОО, проверив его на способность выполнить маневр в режиме внезапного прерывания спуска. (Беспилотный макет ЛМ был опробован на борту Аполлона-5 (носитель Сатурн-1Б) в январе 1968 - прим. ред.)



Томас Келли

Келли поясняет: **"Зажигание взлетного двигателя начинается в момент, когда взлетная ступень все еще находится наверху посадочной ступени, как при старте с Луны, и его исходящие газы будут первоначально наталкиваться и отклоняться от верхней поверхности посадочной ступени, состояние, известное как "огонь в отверстие" ("Fire in the hole")."**



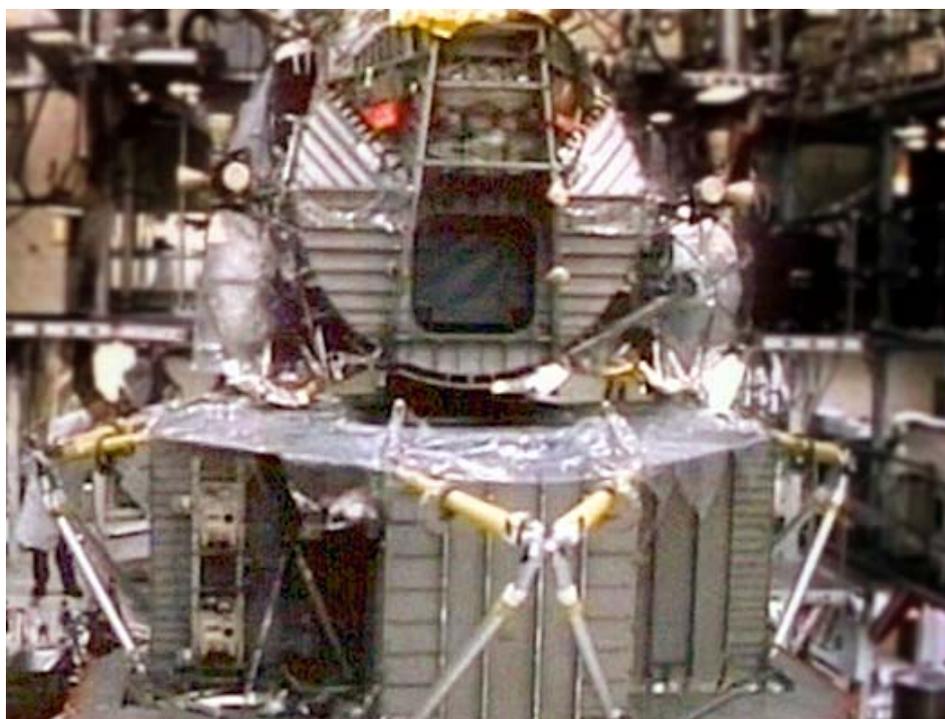
Нашивка от НАСА: Испытания ЛМ Аполлона-5 на орбите в момент поджига двигателя

орбитальном полете Аполлона-5 квалифицируют ЛМ на готовность к старту с Луны, остается весьма проблематичным.

Некоторое беспокойство вызывало то, что в маневре прерывания спуска аэродинамические силы ракетной струи в ограниченном пространстве могут привести к резким подвижкам посадочной ступени, так как при отделении от взлетной ступени нижняя не имеет никакого контроля направления. Из-за дерганий и рывков посадочная ступень могла сорвать режим отлета взлетной ступени." [Moon Lander, 2001, стр.194].

Томас Келли описывает этот тест как эквивалентный процессу старта с лунной поверхности, хотя на самом деле он лишь описывает потенциальную газодинамическую проблему при разделении модулей на орбите. Её последствия при старте с поверхности посадочного модуля, стоящего на лунной поверхности, будут другими в условиях лунной гравитации, и могут оказаться смертельно опасными для экипажа при попытке старта с Луны. Заявление, что эти испытания в

В самом деле, конструкция ЛМ, где края сопла взлетного двигателя находятся в непосредственной близости от плоской экранирующей поверхности, препятствующей истечению газов, должна была быть отвергнута сразу же при ее рождении.



Монтаж взлетной ступени на посадочную платформу в фирме Grumman Aerospace

Принимая во внимание то, что НАСА спешило обогнать Советы после инсценированного полета Аполлона-8, уже, возможно, и не имело значения, каким путем разрабатывалась бы в дальнейшем полная конфигурация всей системы, поскольку она, вероятно, все равно уже не была бы воплощена.

В настоящее время, отсутствие инициативы изнутри НАСА в вопросе разработки ЛМ совершенно очевидно. Более того, нет и давления со стороны правительства, так что легко допустить, что где-то **на стратегическом уровне планирования было сознательно принято решение оставить большую дыру в планах полетов на Луну как извиняющий фактор для откладывания лунных высадок** в дальнейшем еще на какой-то неопределенный срок после 2021 года, когда, казалось бы, будут готовы и Пусковая Система и капсула Орион.

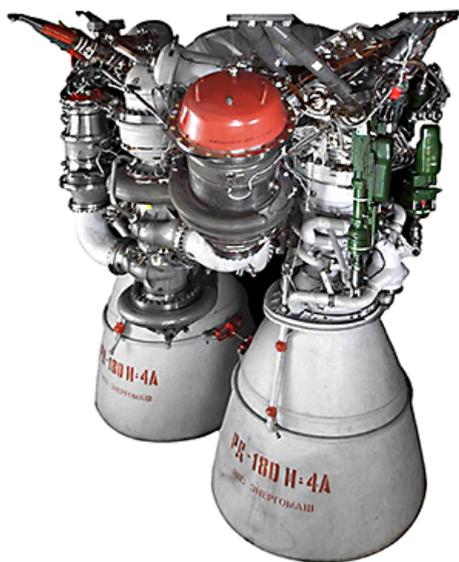
Выбор Подходящего Двигателя

Во время работ по ПС разработки не опирались на ключевые элементы ракеты Сатурн-5, в частности, на такой элемент, как маршевый двигатель F-1 первой ступени, поэтому выбор подходящего двигателя оставался нерешенной проблемой и после отмены Программы [NEXUS, 2014]. Стало абсолютно ясно, что в последних планах НАСА по разработке Пусковой Системы новая лунная ракета будет основываться на новых разработках, которые уже никак не связаны с ракетой Сатурн-5.

К 2009 году так называемая серия Перспективных Одноразовых Ракет-Носителей EELV⁴ определилась как жизнеспособная альтернатива другим концепциям тяжелой ракеты в рамках ПС, в частности, как альтернатива вскоре отмененным носителям серии Ares [Augustine, 2009]. В свою очередь, из обоих ключевых докладов эпохи ПС [Arch. Study, 2005; Augustine, 2009] следовало, что наиболее подходящим мощным двигателем, используемым в настоящее время в программе EELV, оказался двигатель российской сборки РД-180. С 2002 года этот двигатель регулярно использовался на американских ракетах серии Atlas в общей сложности более чем 50 раз.

Даже известный космический аппарат Лунный Орбитальный Зонд (Lunar Reconnaissance Orbiter), который был доставлен на орбиту Луны в рамках ПС, и который сделал фотографии мест предполагаемых посадочных площадок Аполлонов, был запущен в 2009 году на РД-180.

НАСА признало качество и надёжность двигателя, предложив новую концепцию тяжелого носителя, предварительно именуемого Атлас 5 конфигурации 5Н2: *"сверхтяжелые носители EELV используют два ракетных двигателя РД-180 на основном корпусе и на двух боковых ускорителях. Двигатель РД-180 имеет долгую историю успешных запусков в России и в США на ракетах-носителях семейства Atlas V."* [Augustine, 2009, стр. 68].



Российский двигатель РД-180

В своем анализе затрат и производительности НАСА предусматривало возможность построить промежуточный вариант ракеты грузоподъемностью до 75-ти тонн следующим образом: *"Первоначально, сверхтяжёлые носители серии Наследие EELV будут использовать российские углеводородные двигатели РД-180, которые в настоящее время используются на Atlas V. В анализе затрат, на который опирается Комитет (Августина - прим. ред.), предусмотрено развитие нового поколения мощных двигателей собственной модели для замены РД-180 как в миссиях НАСА, так и для задач национальной безопасности."* [Augustine, 2009, стр. 93].

Принимая во внимание, что программа Ares была отменена, а этапы разработок, рассмотренные в докладах НАСА, тянутся, во всяком случае, до 2020 года, текущее десятилетие предположительно становится периодом непрерывной зависимости от российских двигателей РД-180. Практически это то, что сейчас и происходит, несмотря на политические дергания взад и вперед, наблюдавшиеся на протяжении 2014 года [Bloomberg, 2014; GAO 2014].

"Жидкостно-топливный двигатель РД-180 надежно выполняет задачи... со 100-процентным результатом успешных запусков", - говорит корреспондент Bloomberg и затем цитирует эксперта в области космической техники, - *"Объединенный Пусковой Альянс (United Launch Alliance - прим. ред.), вероятно, будет вынужден удвоить свой запас двигателей российского производства, который в настоящее время рассчитан на два года, для обеспечения важнейших государственных и коммерческих полетов без осложнений при переходе к новой технологии."* [Bloomberg, 2014].

Вскоре после того, как новая упрощенная программа была запущена в 2010 году вместо РС, НАСА сразу призналось, что не может завершить разработку тяжелой ракеты-носителя к концу 2016 года, как это требуется согласно Президентскому Указу от 2010 года, адресованному НАСА [Prelim. Report, 2011]. Это признание буквально взбесило правительство не только из-за его прямолинейного отрицания, но, вероятно, и в силу того факта, что НАСА в новой лунной программе не удалось найти ничего лучшего в качестве базового элемента, чем двигатели российского производства.

Коммерческий Комитет Сената ответил на доклад НАСА, в котором Агентство заявило, что не может построить капсулу и ракету нужной грузоподъемности на основе стоимости и графика, предложенных в Президентском Указе, заявив, что *"...выполнение задачи по производству тяжелой ракеты и капсулы не подлежит обсуждению. Это закон. НАСА должно опереться на его опыт многих десятилетий в космических ноу-хау и на миллиарды долларов в траншах предыдущих инвестиций и предложить концепцию, которая работает."* [Senate Committee, 2011]. Это резкое заявление стало скандальным хитом средств массовой информации и цитировалось многими источниками, включая даже *New Scientist*.

Дальнейшее сдвигание графика продолжилось: *"Команда программы Ориона представила график в штаб-квартиру НАСА, указывающий на планируемую доводку элементов беспилотного корабля для испытаний Ориона в миссии EM-1 ориентировочно к сентябрю 2018 года"* [GAO, 2015, стр.8], что означает беспилотное опробование капсулы на полном диапазоне параметров возвращения после облета Луны. *"Пусковая Система и наземные подсистемы пуска⁵ уже не укладываются в первоначальные сроки готовности, и теперь запуск планируют на ноябрь 2018 года, и, соответственно, Орион очевидным образом последует этому примеру. Хотя эти задержки были адекватно обоснованы со стороны Агентства для снижения рисков, их общим результатом может быть только откладывание первого полета с экипажем - EM-2 - который в настоящее время планируется на 2021 год."* [GAO, 2015, p.9].

Таким образом, и чиновники уже считают, что намеченный срок около 2021 года для пилотируемой программы облета Луны окажется, скорее всего, также отодвинутым.

Далее. Американский аналог "двигателя с поэтапной системой горения", как ожидается, должен быть реплицирован с РД-180 к 2018 году; в то же время обновленная версия двигателя класса J-2X, унаследованная со времен Аполлонов, с более низким уровнем тяги - ожидается где-то к 2025 году. [Prelim. Report, 2011, стр.9].

В самом начале РС менеджеры НАСА предварительно пришли к выводу, что *"двигатель первой ступени РД-180 в "тяжелой" конфигурации (Heavy Lift Vehicle, HLV) потребует модификации и должен быть сертифицирован для полетов с человеком. Эта работа, по необходимости, должна быть выполнена русскими."* [Arch. Study, 2005, стр.383]. Так что этот вариант давал хороший шанс для международного сотрудничества в рамках программы с лунной высадкой всего лишь путем расширения тематики текущих совместных проектов.

Вместо этого, после отмены РС и вступления в силу Указа Президента от октября 2010 г., из документов НАСА исчез термин "РД-180". Это, пожалуй, основное изменение в управленческом аспекте, в то время как суть остается той же: НАСА опирается на двигатели российского производства.

На протяжении РС американский сектор космической индустрии, который специализируется на производстве пусковых ракет, стал еще более зависимым от двигателей российского производства. Еще одна сделка с российским производителем двигателей РД-180 была заключена недавно: *"Корпорация Орбитальной Науки (Orbital Sciences Corp.) и российское НПО Энергия⁶ подписали контракт стоимостью около \$1 млрд. на поставку 60 ракетных двигателей российского производства РД-181 для установки на переработанной первой ступени коммерческого носителя Антарес"* [RD-181, 2015]. Первый запуск модифицированной ракеты Антарес с этими новыми двигателями планируется на 2016 год, в который, по иронии, НАСА не смогло обеспечить первый запуск своей Пусковой Системы, несмотря на беспрецедентное давление американского правительства.

Лунный Форпост



Идея создания лунной базы была захватывающей воображение целью в ходе исследования архитектуры лунного проекта в 2005 году, согласно которому первые системы на лунной поверхности должны были начать работу уже в 2013 году [Arch. Study, 2005, стр.668]. Соответственно, лунные аппараты, включая ЛМ, должны были быть разработаны на этапе между 2010 и 2018 годами, так что "7-я лунная высадка человека" была оптимистично предначертана даже не на удаленный 2020-й, но уже на 2018 год [Arch. Study, 2005, стр.56].

Энтузиазм возвращения на Луну с идеей создания лунного форпоста был просто заразительным на заре ПС, когда даже студенты говорили, что "НАСА не хочет просто повторять предыдущие космические программы - люди в НАСА стремятся продвинуть вперед исследования космоса. Современное видение⁷ требует создания постоянной лунной базы, так что их планы масштабны и рассчитаны на большие сроки." [Bairstow, 2006, стр.15].

Однако к 2009 году первоначальные планы параллельных разработок космической техники, заложенные в 2005 году, были признаны как неосуществимые. В средствах массовой информации коренными проблемами называли финансовые и заодно охарактеризовали технические планы ПС как слишком амбициозные, которые невозможно выдержать. Вообще говоря, трудно понять, почему планы, которые не содержат ничего революционного по сравнению с такими же в конце 60-х годов, и которые выстроены в два раза медленнее, чем те, что были выполнены сорок лет назад, считаются "амбициозными". И опять же, если формулировка "невозможно выдержать", скорее характеризует нежелание полностью профинансировать эти планы, то вполне возможно, что термин "амбициозные" характеризует непосильные технические задачи, которые, очевидно, не были решены во времена Аполлонов.

Настойчивая презентация полетов Аполлонов буквально в течение десятков лет как яркий успех, создала среду интеллектуальной подавленности. Надо думать, эти времена позади: **самим процессом принятия своих решений НАСА выявило фальсификацию высадок на Луну**. То, что 45 лет назад для успешной лунной миссии должно было быть закончено как параллельные разработки в сроки от 3 до 4 лет (см. Таблицу 1), сейчас происходит чрезвычайно медленными темпами путем последовательного создания отдельных элементов и согласно неопределенным, если не сказать вообще не имеющим временных рамок, планам. Действительно, то, что первоначально планировалось в ПС выполнить в течение 15 лет, теперь превратилось в полностью открытую схему без каких-либо определенных сроков высадки человека на Луну (см. таблицу 2).

Таблица 2

Событие \ Программа	Инициатива Правительства	Критика и Проблемы	Беспилотный Тест Входа, Промежуточные Условия	Беспилотный Тест Входа, Полный Диапазон	Первый Облёт Луны с Экипажем	ЛМ - Лунный Модуль	Человек на Луне	Число Лет до Завершения
Аполлон	1961	1963	1966	Никогда	1968	1969	1969	8 / заявлено
ПС	2004	2009	2011 см. примеч.9	2017	Не было в плане	2018	2020	15 / отменено
Текущая	2010	с 2011 постоянно	2014	2018	2021	Нет в планах	Нет в планах	Более чем 20

Совершенно ошибочное мнение, которое постепенно укрепилось как "очевидная истина" среди защитников программы Аполлон, заключается в том, что современные технологии не совместимы со старыми, что требования безопасности являются гораздо более жесткими и т.д. и, таким образом,

уже невозможно опереться на технические достижения прошлого, и что все элементы следующей лунной миссии должны разрабатываться заново.

Ответ на это, казалось бы, правдоподобное объяснение состоит в том, что любая технология всегда остается работающей - ее лелеют и тщательно поддерживают - до тех пор, пока она не будет вытеснена новой технологией следующего поколения. Например, сегодня было бы довольно затруднительно разработать радиоприемник, основанный исключительно на вакуумных лампах. Но это оказывается верным только в той степени, что радиоустройства производятся в настоящее время на основе технологии полупроводников. Новая технология полностью вытеснила старую. Образцы систем на вакуумных лампах теперь в основном в музеях, хотя, при необходимости, специализированные компании смогут воспроизвести такие системы.

Что касается программ с лунной высадкой, двигатель F-1 должен был оставаться ключевым элементом для дальнейшего развития мощных носителей вплоть до его адекватной замены. В конце концов, затраты понесли не напрасно, и этапы исследований и разработки были завершены, таким образом, этот двигатель должен был использоваться много лет, точно так же, как это теперь происходит с российскими технологиями. Тем не менее, после Аполлонов важнейшие технологические элементы были немедленно отправлены в музеи, нежели стать основой следующего поколения технологий.

То, в какой степени современное видение лунной базы опирается на наследие систем Аполлон, было рассмотрено в подборке технических статей [Lunar Base, 1999]. Принципиальный вопрос, актуально ли наследие Аполлонов сейчас, получил удивительный ответ, что, по-видимому, нет, так как, как предположил Джон М. Логсдон⁸, *"можно утверждать, что, с точки зрения перспективы создания лунной базы, опыт Аполлонов почти не имеет значения."* [Lunar Base, 1999, стр.61].

Заключительные Соображения

Легендарный Аполлон, наконец, стал буквально легендой.

Посадки на Луну в конце 60-х - начале 70-х были представлены мировой общественности как постановочное шоу. Навязчивое акцентирование отдельных эпизодов создавало обманчивое чувство уверенности в успехе всей программы. Например, мощный старт ракеты Сатурн-5 каждый раз подавался как решающий элемент общего успеха.

Затем, когда астронавты якобы находились на Луне, мы, зрители на планете Земля, должны были воспринимать это как полный успех миссии. При этом еще предстояло завершить два важнейших этапа: взлет с лунной поверхности с последующей стыковкой на орбите и, самое главное, безопасное возвращение, включая наиболее критическую стадию прохода КМ сквозь атмосферу Земли. **На самом деле, эти два этапа остаются все еще незавершенными.**

Ничего экстраординарного не было в планах ПС по сравнению с планами середины 60-х годов. Тем не менее, ПС была остановлена, и вскоре был выдвинут еще один упрощенный план, похожий на предыдущий, за исключением того, что теперь отсутствуют элементы для посадки на Луну [NEXUS, 2014]. Однако реакция НАСА даже на явно ослабленные планы была удивительной. Агентство стало доказывать, что по-прежнему не удастся создать Пусковую Систему даже в рамках упрощенной программы, которая, между прочим, и названия больше не имеет. [Prelim. Report, 2011].

После того, как ПС была остановлена, стало ясно, что существуют глубокие пробелы в техническом протоколе общеизвестных высадок на Луну в прошлом. Словно впервые, должны быть разработаны и заново созданы следующие элементы программы: ракета большой грузоподъемности; ЛМ для операций на Луне; аппаратная часть для безопасного возвращения в атмосферу Земли. Наряду с этими тремя принципиально важными элементами должны быть исследованы соответствующие процессы и технологии: радиационная защита экипажей (в частности, во время прохода сквозь пояс Ван Аллена), взлет и стыковка взлетного модуля с КМ на лунной орбите, и методика для выполнения входа в атмосферу.

Поскольку элементы новой программы посещения Луны развиваются без всякой связи с якобы состоявшимися миссиями Аполлон, официальное признание того, что лунные посадки Аполлонов были сфальсифицированы, серьезно задержалось. Требуется всеобъемлющая оценка того, что вообще реально есть, и что еще предстоит разработать.

Всем знакомы слова американского Президента, сказанные им в 1961 году о задаче высадки человека на Луну в конце десятилетия и его безопасном возвращении на Землю. Через пару лет его взгляд на эту проблему стал гораздо шире. Поскольку это не было оценено по достоинству в то время, видимо, мы должны вернуться к этому сейчас.

В сентябре 1963 года (см. раздел о Менеджменте и Планировании в Эпоху Аполлонов), Президент Кеннеди сказал:

*"Наконец, в той сфере, где Соединенные Штаты и Советский Союз имеют особые возможности - в освоении космоса - есть возможности для новых форм сотрудничества, для дальнейшей совместной работы в области законодательного регулирования и исследований космического пространства. Я включаю среди этих возможностей и совместную экспедицию на Луну. Космическое пространство не предполагает проблем суверенитета... Почему в связи с этим первый полет человека на Луну должен быть вопросом межнациональной конкуренции? Почему Соединенные Штаты и Советский Союз в ходе подготовки таких экспедиций должны дублировать огромный объем исследований, производства и финансовых расходов? **Определенно, мы должны разобраться, почему ученые и астронавты наших двух стран - а вообще и всего мира - не смогли бы работать вместе в освоении космического пространства, и отправить однажды уже в этом десятилетии на Луну не представителей одной нации, а представителей всех наших стран.**" [Kennedy, 1963].*

Спустя два месяца он был убит, а еще через пять лет после этого космическую гонку якобы выиграла США.

В 2012 году, на Конференции по Глобальному Исследованию Космического Пространства в Вашингтоне глава российской делегации объявил, что российские планы по исследованию космического пространства за пределами НОО будут главным образом сосредоточены на Луне [Global Space Conf., 2012, отметка времени 1 час 22 мин]. Российское космическое агентство, как заявил выступающий, *"не говорит о повторении того, что человечество достигло 40 лет назад."* В заключение он отметил: *"Мы говорим о создании постоянных лунных баз."*

Так как оказалось не так уж много технических наработок со времен Аполлона, которые могут быть положены в основу текущей лунной программы, то НАСА, вероятно, следует рассмотреть возможность присоединиться к усилиям другим космическим агентствам в их современном намерении создавать лунные базы.

Лунная база является теперь неизбежным этапом в развитии человечества точно таким же образом, как в середине 60-х воспринимались высадки на Луну. В конце концов, несомненно, будут построены разнообразные базы - однако остается открытым вопрос, когда это произойдет и в какие сроки.

Когда эта статья была практически завершена, автор обнаружил совершенно новую книгу [New Moon, 2014], которая по существу пытается переиграть идею вышеупомянутой книги [Lunar Base, 1999] о перспективах создания лунной базы (однако, без ссылки на ту книгу). Несмотря на, казалось бы, подробное описание прошлых миссий и текущих лунных программ, эта новейшая книга лишь кратко упомянула Аполлон-4 и Аполлон-6 - буквально по одной строчке на каждый, потом небрежно отмахнулась от полетов Зондов, не упоминая их скользящего спуска, и, наконец, ничего не сказала о двигателях РД-180 в современных американских программах. Ценность такой книги очевидна. Это вовсе не про "новую Луну", а все еще про ту, которая отжила свой век.

Примечания

1. "g" означает ускорение свободного падения на земной поверхности, равное 9,8 м/сек².
2. Окончание текста в оригинале: *"...конечный участок приземления соответствует скорости 762 м/сек относительно Земли, и в этот момент Шаттл находится примерно в 92 км от посадочной полосы...."* [Kaaya, 2008, стр.12].
3. Термин Пусковая Система (Space Launch System) был введен в Указе Президента 2010 года в адрес НАСА, для тяжелых ракет-носителей, эквивалентных Сатурну-5.

4. Программа по созданию Перспективных Одноразовых Ракет-Носителей (Evolved Expendable Launch Vehicle) - основной поставщик ракет-носителей для вооруженных сил США. [GAO, 2014, стр.2].
5. В оригинале: "GSDO", что означает наземные подсистемы пуска - Ground Systems Development and Operations. [GAO, 2015].
6. НПО "Энергия" - крупнейшая российская аэрокосмическая компания, производящая космические аппараты и ракеты-носители. Это крупнейший подрядчик проекта "Международная Космическая Станция".
7. См. Белый Дом: "Президент Буш Объявляет Новое Видение Программы Космических Исследований", 14 января 2004 г., <http://tinyurl.com/kxqvr9>.
8. Во время публикации книги Джон М. Логдон был Директором Института Проблем Космоса (Space Policy Institute) в Вашингтоне, штат Колумбия. Также в 1992-93 гг. он был членом Консультативного Комитета при Вице-Президенте в рамках Национального Совета по Вопросам Космонавтики.
9. Год 2011-й не следует понимать как год выполнения этого этапа работ. Как было указано в [НЕКСУС, 2014], в некоторый период времени НАСА планировало на этот год лишь испытания "Ориона" для целей его использования в полетах на МКС, то есть на НОО. Это объяснялось тем, что руководство проекта ПС на тот момент осознало, что нет подходящего материала для термического щита капсулы. Собственно испытания на НОО так и не состоялись, поскольку в целом ПС в тот период лихорадило на административном уровне. Позже, уже в 2012 году, стало ясно, что термостойкий материал вроде бы подобрали, и можно начать его испытывать, наконец, для полетов за пределы НОО.

Ссылки

- [NEXUS, 2014]. Phil Kouts. *Is There Any Hope for a Moon Base?* / NEXUS, vol.21, No.5, Aug-Sept 2014, pp.33-38, 72-73
см. также: www.aulis.com/moonbase.htm, 2014.
Русская версия: http://www.ffke1975.narod.ru/s/s8/s84/moon_base.htm (прим. ред.)
- [Arch. Study, 2005]. NASA: *Exploration Systems Architecture Study. Final Report.* / NASA-TM-214062, November 2005 - 750 pp.
http://www.nasa.gov/exploration/news/ESAS_report.html
<http://tinyurl.com/kd33me7>
- [Lunar Base, 1999]. Peter Eckart, Editor. *The Lunar Base Handbook: An Introduction to Lunar Base Design, Development, and Operations.* / N.Y.: The McGraw-Hill Companies Inc., 1999 – 851 pp.
- [Orion Blog, 2014]. *Orion Flight Test. NASA* / Retrieved December 2014.
<https://blogs.nasa.gov/orion/category/orion-flight-test/>
<http://tinyurl.com/ndrakyo>
- [Bairstow, 2006]. S.H. Bairstow. *Reentry Guidance with Extended Range Capability with Low L/D Spacecraft.* / Master Thesis, Dept. of Aeronautics and Astronautics, MIT, 2006.
<http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/35295/74491233.pdf>
<http://tinyurl.com/kx3unfr>
- [NASA Johnson, 2011]. Michael A. Tigges et al., *Orion Capsule Handling Qualities for Atmospheric Entry.* / NASA Johnson Space Center, Houston, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2011.
<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110013203.pdf>
<http://tinyurl.com/mr45elp>
- [Kaya, 2008]. E.Kaya, *Crew exploration vehicle (CEV) skip entry trajectory.* / Master's Thesis, Air Force Institute of Technology, WPAFB OH, 2008.
<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a483248.pdf>
<http://tinyurl.com/nuef5cj>
- [Prelim. Report, 2011]. NASA, *Preliminary Report Regarding NASA's Space Launch System and Multi-Purpose Crew Vehicle Pursuant to Section 309 of the NASA Authorization Act of 2010* (P.L. 111-267).

January 2011.

http://www.nasa.gov/pdf/510449main_SLS_MPCV_90-day_Report.pdf

<http://tinyurl.com/k67okpg>

[Apollo, 1989]. Charles Murray and Catherine Bly Cox. *Apollo: The Race to the Moon*. / N.Y.: Simon & Schuster, 1989 - 506 pp.

[AS-202, 1967]. Ernest Re Hillje, Entry Flight Aerodynamics from Apollo Mission AS-202. / Manned Spacecraft Centre Houston, Texas. October 1967.

<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19670027745.pdf>

<http://tinyurl.com/ovqlfan>

[Zonds, 1968]. 1968.09.14 - Zond 5. *Encyclopedia Astronautica*. / Retrieved February 2015.

<http://www.astronautix.com/details/zond5908.htm>

<http://tinyurl.com/keea4vp>

[GAO, 2015]. *NASA: Human Space Exploration Programs Face Challenges*. / GAO-15-248T, Government Accountability Office, December 2014. 18 pp.

<http://www.gao.gov/assets/670/667350.pdf>

<http://tinyurl.com/nvjcsdo>

[Moon Lander, 2001]. Thomas J. Kelly. *Moon Lander: How We Developed The Apollo Lunar Module*. / Smithsonian Books, Washington and New York, 2011 - 283 pp.

[Augustine, 2009]. *NASA, Review of U.S. Human Spaceflight Plan Committee: Seeking a Human Spaceflight Program Worthy of a Great Nation*. / Augustine Committee, October 2009 - 157 pp.

http://www.nasa.gov/pdf/396093main_HSF_Cmte_FinalReport.pdf

<http://tinyurl.com/yqcz243>

[Bloomberg, 2014]. Julie Johnsson and Anthony Capaccio. *U.S. Rocket Venture Adds Russian Engines While Rushing New Model*. / Bloomberg Business, 15 Nov 2014.

<http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-11-14/u-s-rocket-venture-adds-russian-engines-while-rushing-new-model>

<http://tinyurl.com/nf35mvj>

[GAO, 2014]. *Government Accountability Office, Evolved Expendable Launch Vehicle: Introducing Competition into National Security Space Launch Acquisitions*. / GAO-14-259T, March 2014. 11 pp.

<http://www.gao.gov/assets/670/661337.pdf>

<http://tinyurl.com/p8bwgsk>

[Senate Committee, 2011]. *Senate Commerce Committee Members Respond to NASA Report*. / Press Release of Jan 12, 2011.

http://www.commerce.senate.gov/public/?a=Files.Serve&File_id=6bb9bc53-1ac8-457a-a5a2-018cbb8df292

<http://tinyurl.com/ow325g4>

[RD-181, 2015]. Stephen Clark. *Orbital Sciences signs contract for new Antares engines*. / Spaceflightnow.com. January 22, 2015.

<http://spaceflightnow.com/2015/01/22/orbital-sciences-signs-contract-for-new-antares-engines/>

<http://tinyurl.com/lfuoy92>

[Kennedy, 1963]. John F. Kennedy. *Address to the UN General Assembly, 20 September 1963*.

<http://www.state.gov/p/io/potusunga/207201.htm>

<http://tinyurl.com/q7c54ma>

[Global Space Conf., 2012]. V. Popovkin, Heads of Agency Panel. / The Global Space Exploration Conference, Washington, DC, May 2012.

<http://glex2012.org/news/heads-of-agency-panel-summary>

<http://tinyurl.com/q2zx2as>

[New Moon, 2014]. Arlin Crotts. *The New Moon: Water, Exploration, and Future Habitation*. / N.Y.: Cambridge University Press, 2014 - 514 pp.

Об Авторе

Краткое резюме Фила Кутса – см. в предыдущей статье журнала НЕКСУС - [NEXUS, 2014].
С ним можно связаться по e-маилу: philkuts@gmail.com

"Towards A Moon Base: Has anything been learned from Apollo?" by Phil Kouts

Журнал NEXUS, vol. 22, no. 3 (April-May, 2015)

Онлайн версия: www.aulis.com/moonbase3.htm

Авторизованный перевод под ред. О. Петрова

Комментарий от редакции

О Входе Спускаемых Аппаратов в Атмосферу

Спускаемые аппараты (СА) космических кораблей обычно имеют форму усеченного конуса, который, снижаясь, движется широким концом вперед. При этом лобовая (то есть, передняя по ходу движения) стенка имеет форму сегмента сферы относительно небольшой кривизны. При снижении в атмосфере за счет смещенного от продольной оси центра тяжести у такого аппарата возникает подъемная сила, которая позволяет уменьшить скорость снижения и снизить перегрузки для экипажа. При входе с первой космической скоростью перегрузки обычно составляют приibl. 4 g. Происходит управляемый, за счет изменения угла крена, планирующий спуск. Так и ныне возвращаются с МКС. Такой прямой планирующий спуск осуществляли, согласно их описаниям, и аполлоновы СА, в отличие от того, который в этой статье называется "скользящим" (и который подразумевает отскок от атмосферы).

Мы называем (следуя современной терминологии НАСА в этой статье) аполлоновский спуск "прямым", потому что происходит однократный вход в атмосферу. Тот профиль входа у Аполлонов, который в одной из научных работ НАСА определен как "двойной нырок", представляет собой незначительный изгиб траектории без выхода из атмосферы (Кауа, 2008). С помощью двигателей ориентации угол крена, а, следовательно, и подъемная сила при полете СА Аполлонов в атмосфере, могли регулироваться, что, в принципе, позволяло экипажу проводить управляемый спуск по траектории с небольшим изгибом.

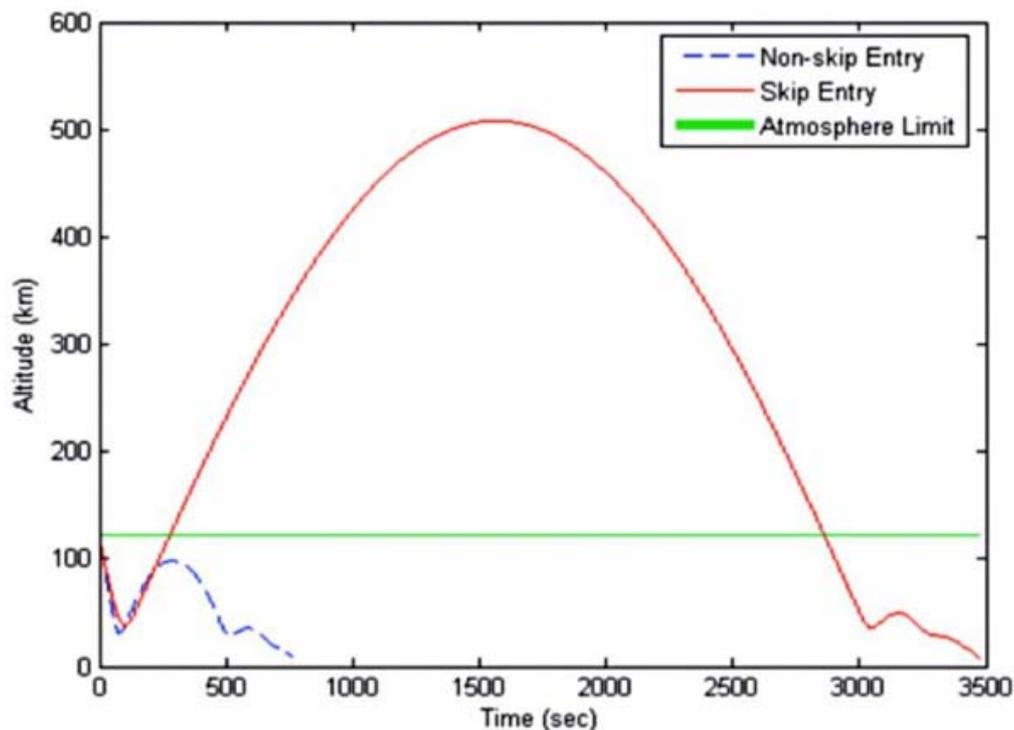


Рис. 1. Здесь синим показан прямой вход Аполлона; красным - скользящий вход с отскоком, как у Зондов, который рекомендуется, согласно этой статье, в современных сценариях возвращения с Луны. [Кауа, 2008]

Как разъясняется в статье Ф. Кутса, теперь подход НАСА принципиально изменился. В современном представлении специалистов НАСА, при возвращении с Луны лишь изгиба траектории в пределах атмосферы оказывается недостаточно, т. к. при второй космической скорости входа в атмосферу существенно возрастают требования к тепловой защите пилотируемого СА и, вместе с тем, максимально допустимые перегрузки накладывают свои ограничения.

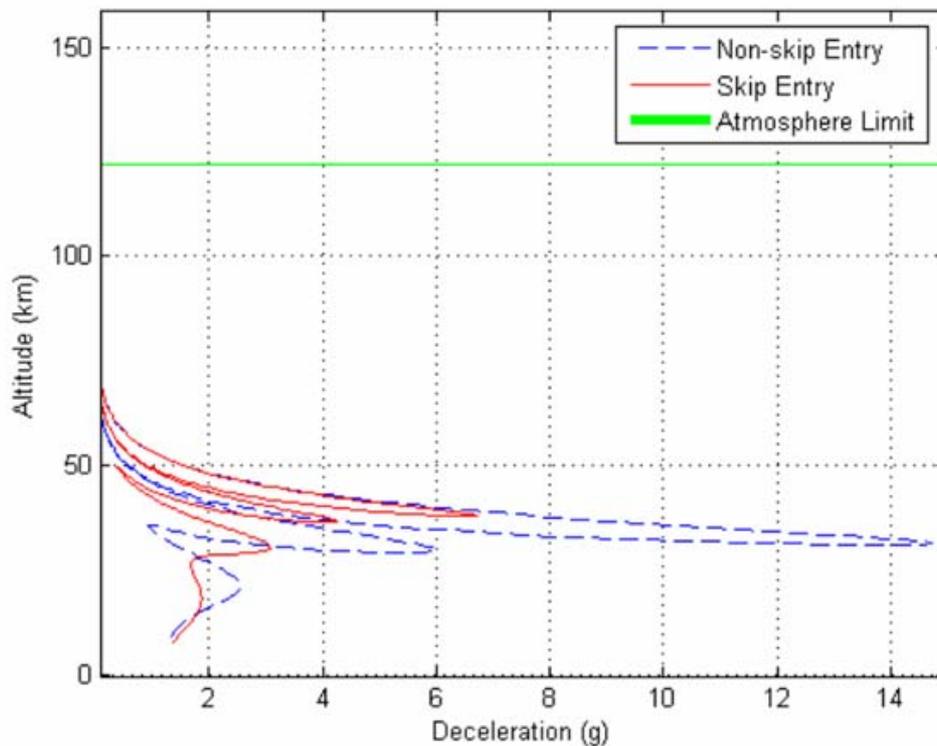


Рис. 2. Типичные перегрузки при торможении - по высоте над Землей; синим - это то, что можно было ожидать для СА Аполлона; красным - рекомендуемый теперь скользящий спуск с отскоком [Кауа, 2008]

В СССР была разработана методика т. н. "скользящего" спуска, при котором при первичном входе в атмосферу происходит частичное гашение скорости, и затем происходит отскок (рикошетирувание) СА за пределы атмосферы, за время которого СА также успевает достаточно остыть, чтобы потом вновь погрузиться в плотные слои.

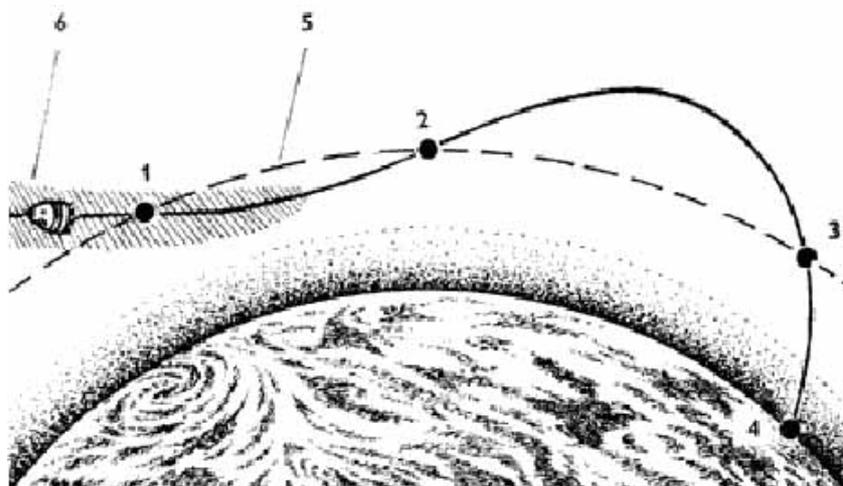


Рис. 3. Скользящий вход с отскоком. Уровень 1-2-3 есть интерфейс входа на высоте примерно 120 км. Длина участка от точки входа 1 до точки повторного входа 3 достигает 10 000 км вдоль поверхности Земли. (Попов Е.И. *Спускаемые аппараты*. / М.: "Знание", 1985.)

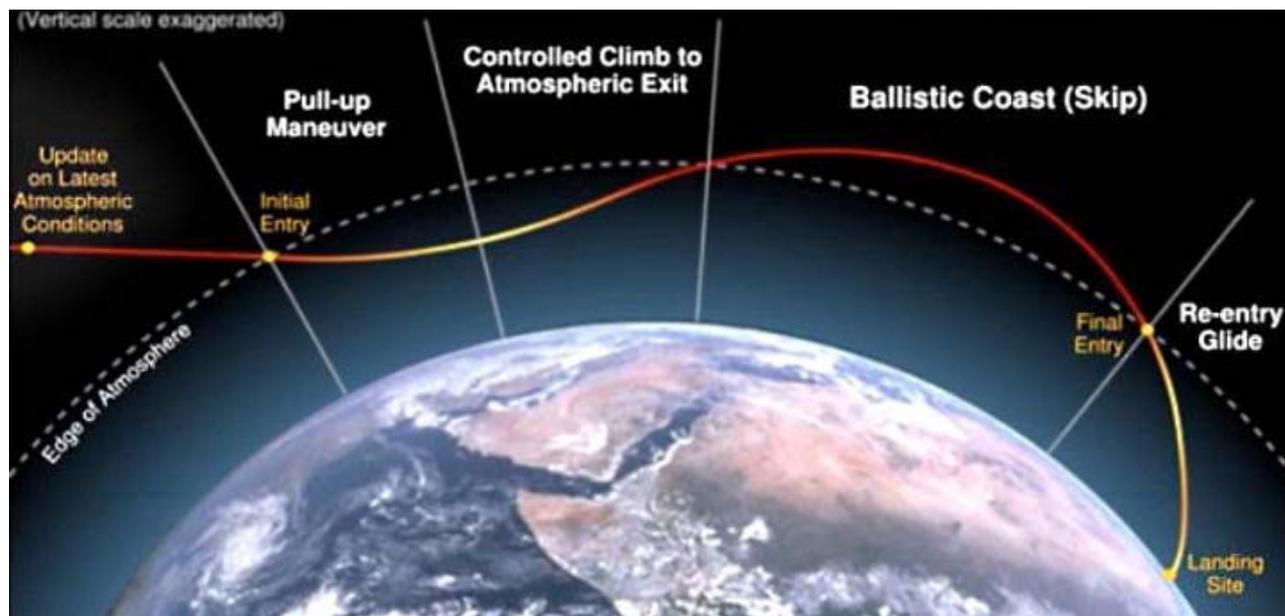


Рис. 4. То же, что и Рис.3, но из диссертации [Кауа, 2008].

Вместе с тем, нет документальных материалов, которые бы демонстрировали понимание такого решения в конце 60-х годов американскими специалистами. Они всегда говорили об узком "коридоре" входа и об опасности рикошета от атмосферы. Предположительно, математики НАСА в те далекие годы в поспешности просто сходу отменили вариант отскока, потому что он представлял, по сути, то страшное, чего надо бояться в первую очередь: неконтролируемое возвращение на Землю аппарата после отскока; они, по-видимому, не рискнули положиться на вариант контролируемого второго входа - более тонкое решение, за осмысление которого честь и слава советским математикам.

Скользкий вход был успешно опробован на практике советскими специалистами при возвращении после облета Луны космических аппаратов "Зонд-6" и "Зонд-7" в 1968-69 гг., то есть в то же время, когда состоялись, как было заявлено, полеты первых Аполлонов к Луне. При первом погружении в атмосферу скорость СА была снижена до 7,6 км/с, а потом - по методике посадки корабля "Союз". В ходе полетов "Зондов" была продемонстрирована возможность успешного возвращения на Землю живых существ - черепашек - после полета к Луне.

Использованная литература:

1. *Космические аппараты*. Под редакцией проф. К. П. Феоктистова / М.: Военное Издательство, 1983.
<http://12apr.ru/books/item/f00/s00/z0000023/st015.shtml>
 2. Б. Коновалов. *От Луны на Землю. Беседа с академиком Г.И. Петровым* / «Известия», 19 ноября 1968 г.
<http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/osvoen-kosm-pr-sssr/1968-1970/05.html>
-