

# ЛУННАЯ БАЗА

(ЕСТЬ ЛИ НАДЕЖДА ПОСТРОИТЬ, НАКОНЕЦ, ЛУННУЮ БАЗУ?

В оригинале, название статьи: *Is There Any Hope For A Moon Base?*

Статья вышла в августовском 2014 г. номере журнала NEXUS, Австралия.

Кредо журнала – искать и представлять «трудно-доступную информацию».

Журнал регулярно поступает в продажу в Австралии, Великобритании,

Новой Зеландии и Соединенных Штатах. – *прим. ред.* )

Фил Кутс

Июнь 2014 г.

**Последние документы НАСА по недавно остановленной программе «Созвездие» возвращения на Луну к 2020 году обнародовали тот факт, что технически НАСА совершенно не готово послать на Луну миссию с человеком. Это означает, что из знаменитой программы “Аполлон” сегодня просто не на что опереться, и до последнего времени этот факт был табу.**

---



С тех пор как программа "Созвездие" возвращения на Луну к 2020 году была отменена в 2010 году, в профессиональной среде не было недостатка мнений о том, что надо делать дальше. Однако, на самом деле работы по разработке систем, обеспечивающих полёты за пределами низкой околоземной орбиты (НОО), продолжались без перерыва, и главная их цель оставалась прежней: разработать заново составляющие компоненты систем для космических путешествий, которые, якобы, имелись в наличии ещё в 1969 году.

Действительно, ключевые аспекты текущей стратегии, сформулированные в Президентском Указе в адрес НАСА от октября 2010 года, вполне определённые: требуется разработать тяжелую ракету-носитель и капсулу для экипажа, которая бы позволила безопасно вернуться на Землю после космического полёта за пределами НОО. Разве это не означает просто ракету, аналогичную "Сатурну-5", и капсулу, похожую на командный модуль "Аполлона"?

Программа "Созвездие", которая планировала возвращение на Луну, была не первая в своем роде. Исторический обзор, сделанный в докладе НАСА [Arch. Study, 2005], перечисляет ряд целевых задач, которые НАСА периодически ставило, начиная с 1989 года, если не раньше, чтобы сформулировать следующую жизнеспособную лунную миссию.

Постоянная станция на Луне казалась тогда наиболее логичной и привлекательной целью, имея в виду шумный успех программы "Аполлон". Мы, вероятно, уже несколько лет имели бы функционирующую обитаемую лунную базу, если бы дорожные карты начала 90-х были реализованы в течение 15 лет.

В связи с этим, программа "Созвездие" отличается своим энтузиазмом, наконец, полететь на Луну. До её отмены в 2010 году в рамках программы был достигнут заметный прогресс, что касается планирования, проектирования и подготовительных работ на сумму около 10 миллиардов долларов. Тем не менее, 15 апреля 2010 года президент Обама, выступая перед учеными, астронавтами и политиками, окончательно денонсировал программу "Созвездие". Вместо высадки на Луну он изложил свой план для НАСА: "К середине 2030-х годов, я верю, мы сможем отправить людей на орбиту Марса и благополучно вернуть их на Землю", - сказал президент Обама. - И за этим последует посадка на Марс, и я считаю, что ещё увижу это!" [Pres. Speech, 2010].

Очевидно, что эта новая стратегия означает, что никаких пилотируемых полётов ни на Луну, ни на Марс, по крайней мере, в течение 20 лет, начиная с 2010 года, не предвидится. Тогда в чем же проблема с высадкой на Луну? Что на самом деле это означает с точки зрения технологий и проблем логистики – повторить техническую операцию, которая, по данным НАСА, была уверенно многократно выполнена более чем 40 лет тому назад?

Ответ содержится в документах, недавно опубликованных НАСА и американским правительством. Любой такой полёт - это цепь обязательных операций, которые должны быть успешно выполнены. Достаточно для одного или двух звеньев в цепи быть ненадежными, чтобы сделать полет на Луну смертельно опасным, и миссия становится совершенно невозможной, если только одно звено является неполным. Наличие таких проблемных звеньев в цепочке лунной программы было фактически признано НАСА.

### **Теплозащитный экран посадочного модуля**

Одним из важнейших звеньев в лунной миссии является то, что возвращаемая капсула должна иметь надежный теплозащитный экран. Это было в буквальном смысле жизненно важным элементом в конструкции каждого командного модуля Аполлонов. Экран должен был защитить экипажи на траектории спуска в атмосфере Земли при возвращении с Луны, когда командный модуль входит в атмосферу на второй космической скорости. Из-за экстремальных технических требований разработка такого щита была значительным научно-технологическим вызовом в середине шестидесятых.

Согласно хронологии НАСА, первое успешное использование теплового экрана Аполлонов с экипажем на борту произошло уже в декабре 1968 года при возвращении Аполлона-8 после объявленного полёта вокруг Луны. После этого все миссии Аполлонов, как сообщалось, завершались идеальной посадкой, так что никаких проблем как бы никогда не возникало и поэтому не обсуждалось.

Однако отчет по архитектуре программы "Созвездие" обнаружил, что теперь у НАСА имеются проблемы с теплозащитным экраном: "Система тепловой защиты нуждается в материалах, специально разработанных, чтобы противостоять аэротермическому нагреву (тепловой поток, динамическое давление), испытываемому во время гиперзвукового входа в атмосферу как в штатном, так и аварийном режимах. Только абляционные материалы могут эффективно и надёжно удовлетворять максимальным требованиям за счет частичного испарения своей массы при экстремальном нагреве. Аполлоновская абляционная защита TPS

(AVCOAT-5061) больше не существует. Приём в эксплуатацию новых или замещающих материалов потребует обширных исследований и испытаний” [Arch. Study, 2005, стр.629].



Командный модуль Аполлона-14, якобы вернувшийся с Луны. Космический центр Кеннеди, штат Флорида (Phil Kouts).

Проблема с капсулой, возвращаемой на Землю с экипажем, заключается в том, чтобы защитить капсулу от чудовищного нагрева при торможении от второй космической скорости 11,2 км в секунду до скорости снижения, приемлемой для раскрытия парашюта. При прямом входе в атмосферу защитный материал должен выдерживать нагрев до прибл. 2700 °C – сравните с температурой ок. 1600 °C, при которой работает теплозащита "Спейс Шаттла" [NASA News, 2006].

Эта тема десятки лет оставалась в тени американской славы с провозглашённой высадкой на Луну, но оказалась выявлена как всё еще трудноразрешимая проблема. Или, хуже того, может быть, вообще еще не решённая проблема? В отчёте, составленном Счетной Палатой США (GAO), имеется даже более поразительное признание, чем то, которое было сделано четырьмя годами ранее: “Согласно мнению руководителей проекта "Орион", в этом проекте первоначально предполагали использовать теплозащитный экран из программы "Аполлон" в качестве резервной технологии для орионовской системы теплозащиты, но воссоздать материал "Аполлона" не смогли.” [GAO, 2008, стр.6] И далее GAO продолжает: “Характеристики теплозащитного экрана, необходимые для "Ориона", в частности его размеры, никогда не были опробованы и должны ещё быть разработаны.” [GAO, 2008, стр.11].

Важность надлежащей теплозащиты невозможно переоценить. Наличие надежного теплового щита было критически важным условием для безопасного возвращения экипажей Аполлонов. Признание НАСА того факта, что они не могут воссоздать тепловой щит возвращаемой капсулы, является поразительным. Такое признание можно сравнить только с невообразимым утверждением, что, например, американские военные чиновники признали бы, что после использования броневой стали в своих танках во время Второй Мировой войны примерно 40 лет спустя они не обладают технологией для разработки броневой стали и имеют трудности в воспроизводстве такой стали, несмотря на опыт Второй Мировой войны.

“Что касается системы теплозащиты "Орион", - заключает GAO, - “оборудование, имевшееся в эру "Аполлонов" для тестирования крупноразмерных тепловых экранов, больше не существует” [GAO, 2008, стр.14].

Восемнадцать месяцев спустя, возможно, для того, чтобы смягчить шокирующие откровения по поводу отсутствия надлежащего теплового экрана, сделанные в первом докладе, GAO делает уточнение: “НАСА использует абляционный материал, полученный из материала, использовавшегося в программе "Аполлон". После некоторых трудностей НАСА успешно воссоздало этот материал. Так как в нём используется структура с множеством сотообразных ячеек, каждая из которых должна быть индивидуально заполнена без пустот и дефектов, задача воспроизводимого их изготовления в соответствии с требуемыми стандартами

оказывается сложна. Согласно утверждениям должностных лиц, в ходе программы "Аполлон" ячейки заполнялись вручную. Подрядчик планирует автоматизировать процесс для системы теплозащиты "Ориона", но эта возможность находится в стадии разработки." [GAO, 2009, стр.11]. Поможет ли это убедить общественность, что проблема исчерпана?

Только относительно недавно, в конце 2012 года, было объявлено, что модуль "Орион" предполагается опробовать при промежуточной скорости около 8,9 км в секунду, для которой ожидаемая температура может достигнуть 2200 °C [Orion Factsheet, 2012]. Такой подход представляется вполне разумным, если НАСА намеревается шаг за шагом исследовать условия входа в атмосферу, не имея предварительного опыта. Опять же, очевидно, что нет никакой опоры на достижения программы Аполлон.

### **Вход в атмосферу Земли**

Другим критическим звеном для успешного выполнения цепочки операций является выбор траектории приземления. Профиль траектории спускаемого аппарата, в частности, определяет основные требования к тепловой защите. В лунных миссиях Аполлон, по данным НАСА, осуществляли "прямой" вход в атмосферу, т. е. по самой простой и короткой траектории, но с расплатой за это максимальным сопротивлением атмосферы и, как следствие, максимальным нагревом посадочной капсулы и максимальными перегрузками для экипажа.

Другой метод, известный как "скользящий спуск", является более предпочтительным для возвращения с Луны. Он означает вход в атмосферу Земли по гораздо более длинной скользящей траектории с мягким отскоком в земной атмосфере, что позволяет посадочной капсуле испытывать меньший нагрев и, в то же время, значительно меньшие гравитационные перегрузки.

НАСА рассмотрело различные траектории для возвращения на Землю с Луны и пришло к выводу, что следует реализовать новую концепцию по сравнению с той, которая использовалась в аполлоновских миссиях: "...рекомендуется использовать скользящий вход при возвращении с лунных траекторий. Методика скользящего спуска позволяет осуществлять посадку командного модуля в одном и том же месте в любое время в течение лунного месяца. Аполлоновский метод прямого спуска нуждается для возвращения в водном или земном участке поверхности в широком диапазоне широт" [Arch. Study, 2005, стр.39].

Широкий диапазон широт обычно означает несколько градусов на земном шаре, которые в свою очередь будут означать огромную территорию в несколько сотен километров в поперечнике, что находится в соответствии с теоретическими оценками для прямого входа. Тем не менее, довольно странно видеть в современном документе НАСА утверждение, что аполлоновский метод прямого спуска требует большой территории - это полностью противоречит общеизвестным сообщениям в отношении приземлений посадочных модулей Аполлон 40 лет назад. Согласно отчётам о миссиях Аполлонов, приводнения постоянно совершались на небольшом расстоянии от авианосцев поисково-спасательной службы. Типичные удаления от мест приводнения для каждой посадки Аполлонов составляли всего несколько километров, что должно вызывать зависть у современных поисковых команд,

которые подбирают астронавтов, возвращающихся с международной космической станции (МКС), на территориях в десятки километров в поперечнике.

На самом деле, с упоминанием о “широком диапазоне широт” современная научно-исследовательская группа НАСА дезавуировала заявленное достижение программы Аполлон в использовании прямого метода приземления. Теперь современной команде НАСА придется действительно разработать технику точного приземления, которая, казалось, была доступна в конце 60-х годов.



Стоит отметить, что в период примерно с конца 2009 года, то есть со времени опубликования доклада Комитета Августина\*), до конца 2012 года разработки капсулы "Орион" были нацелены на полёты к МКС и безопасное возвращение с МКС, которая дислоцируется на НОО (низкой околоземной орбите), при таких полетах капсула не испытывала бы тех экстремальных условий как при возвращении с Луны.

\*) Комитет Августина – Комитет НАСА под руководством Нортон Августина, бывшего руководителя Локхид Мартин; решение остановить программу "Созвездие" в значительной степени базировалось на выводах в докладе Комитета; см ссылку [Augustine, 2009] (*прим. ред.*).

## Радиация за пределами НОО

Рассматривая радиационные ограничения для полётов за пределами НОО, “НАСА полагается на внешнее руководство со стороны Национальной Академии Наук (НАН) и Национального Совета по Радиационной защите и Измерениям (НСРЗ) для установления предельных доз облучения. Из-за недостатка данных и знаний, НАН и НСРЗ констатировали, что предельные дозы облучения при исследовательских миссиях не могут быть определены, пока не будут получены новые научные данные и знания.” [Arch. Study, 2005, стр.109]

Комитет Августина сослался на другой доклад Академии Наук, оперативно подготовленный в ответ на запрос НАСА в 2005 году. В частности, это отчет НСРЗ под названием, которое сбило бы с толку неподготовленного читателя: “Информация, необходимая для выработки рекомендаций по радиационной защите для космических полетов за пределы околоземной орбиты” [NCRP, 2006]. При этом НСРЗ признает, что нет доступной существенной информации по космической радиации за пределами НОО, включая данные о радиации на лунной поверхности, и это несмотря на успешные миссии Аполлонов.

Комитет Августина указывает и на другой доклад, на этот раз от Национального Исследовательского Совета [NRC, 2008], который в целом подтверждает состояние дел: “Отсутствие знаний о биологических эффектах и возможных реакциях на космическое излучение является отдельно стоящим наиболее важным фактором, который ограничивает понимание степени риска в пилотируемых космических полетах” [Augustine, 2009, стр.100].

Таким образом, Национальная Академия Наук нуждается в некоторых исходных данных, чтобы просто начать работать над рекомендациями по радиационной защите. Однако, представляется разумным, что какие-то данные должны были быть естественно доступны американскому научному сообществу в результате выполнения программы Аполлон, и тем более - в течение 40 лет после ее завершения.

Здравый смысл подсказывает, что информация о радиационных эффектах на Луне, если она вообще существует, должна быть, прежде всего, в НАСА, но из доклада Комитета Августина следует, что НАСА признает, что они ее также не имеют. По сути, это - потрясающее упущение, потому что в НАСА определенно должны были получить информацию о радиационном воздействии во время выходов экипажа на лунную поверхность, если, конечно, экипажи Аполлонов действительно были на Луне. Так где же данные?

Особенно значителен должен быть опыт, полученный из полётов Аполлона-15, -16 и -17. В этих трех миссиях, согласно отчётам НАСА, шесть астронавтов провели на лунной поверхности в своих скафандрах без какой-либо дополнительной защиты от 18 до 20 часов каждый в течение трёх выходов на поверхность Луны, находясь под прямым солнечным облучением и под воздействием других космических излучений. Более того, некоторые выходы происходили во время повышенной солнечной активности, которая сопровождалась солнечными вспышками с чрезмерным уровнем облучения, потенциально опасным для экипажей.

Можно отметить, что спустя 40 лет нет никаких признаков, что астронавты испытали какие-либо остаточные эффекты облучения, которому они подверглись. В своём почтенном возрасте, кто под 80, а кто и несколько старше, бывшие аполлоновские астронавты продолжают вести нормальную жизнь. Нейл Армстронг скончался в 2012 году в почтенном возрасте 82 лет из-за причин, не связанных с какими-либо действиями радиации.

Это – фантастический результат программы Аполлон при условии, что такая программа действительно состоялась в 1969-72 гг. Было бы естественно для НАСА подчеркнуть значимость этого факта, однако, как ни странно, нет признаков того, что НАСА вообще обратило какое-либо внимание на такой замечательный биомедицинский факт, который является непосредственным научным результатом программы Аполлон. Это исключительно важная и самоочевидная информация, и НАСА является ведущим научным ведомством, которое должно её осознать и начать говорить о своём открытии, что не требуется никаких специальных медицинских мер предосторожности для пребывания и работы на Луне.

Напротив, НАСА хранит молчание по этому вопросу и, как говорилось выше, запросило помощи на предмет того, в чём они должны обладать первичной информацией и являться гордым лидером. Стоит также отметить, что в своих пресс-релизах НАСА регулярно напоминает своей аудитории о миссии Аполлон-11, где астронавты, согласно отчётам, пробыли на лунной поверхности только 2 часа, в то время как о подробностях миссий с 15-й по 17-ю, которые должны были бы представить решающие доказательства в пользу безопасности полетов на Луну, обычно не упоминается.

Что касается воздействия радиации на человека, Комитет Августина пришел к следующему выводу: **“Радиационные эффекты недостаточно хорошо изучены и остаются главным фактором неопределённости в физиологических и инженерных аспектах пилотируемых**

исследовательских программ за пределами низкой околоземной орбиты” [Augustine, 2009, стр.100]. Комитет ничего не сказал конкретно о потенциальных радиационных проблемах на лунной поверхности. А темы радиационной опасности при посадке экипажей на Луну в программе Аполлон просто не касались. Не может ли оказаться так, что решение Комитета не упоминать про Аполлон вызвано прежде всего тем, что медицинских данных о воздействии радиации на здоровье человека за пределами околоземной орбиты вообще пока нет?

Фактически, что касается радиационных проблем, то в основных докладах НАСА по программе возвращения на Луну просто нет никакой связи с легендарными лунными миссиями прошлого [Arch. Study, 2005; Augustine, 2009].

### **Посадка и взлёт с поверхности Луны**

Рассматривая оптимальные стратегии полётов на Луну и Марс, НАСА признает, что могут быть технические проблемы при посадке и затем при взлёте с поверхности Луны. Комитет Августина рассматривает варианты пилотируемых программ с отсрочкой высадки человека на Луну как более предпочтительные с точки зрения надёжности, предполагая, что “по крайней мере вначале астронавтам не придётся погружаться в гравитационный колодец, высаживаясь на лунной и марсианской поверхности, и, соответственно, можно отложить затраты на пилотируемые высадки человека на поверхность небесных тел” [Augustine, 2009, стр.15] – и заодно, само собой, избежать проблем с радиационной защитой при выходе на поверхность.

Тем не менее, отдавая в конце концов предпочтение комбинированной стратегии с отсрочкой высадки людей на Луну на неопределённое время, Комитет все равно признает трудности с разработкой посадочного модуля. Спрашивается, а почему бы опять не опереться на опыт программы Аполлон? И почему та техническая задача, с которой так успешно справились около 40 лет тому назад, теперь отмечена как "гравитационный колодец", т. е. глубокая проблема погружения в гравитационное поле как Марса, так и Луны?

Хотя Комитет Августина ведёт речь одновременно о Луне и Марсе, надо отметить, что сила тяжести на поверхности этих небесных тел различна. Если выразить силу тяжести в процентах по отношению к тому, что мы имеем на поверхности Земли, то сила тяжести на Марсе составит примерно 37%, а на Луне 16.6%, то есть в шесть раз слабее, чем на Земле. Само собой, должно быть легче взлетать с Луны. Естественно было бы ожидать, что НАСА рассмотрит процесс взлета с Марса как сравнительно более сложный, однако НАСА ставит их на один уровень сложности, и это совершенно нелогично. Ну, в самом деле: в 1969 году старт с Луны не составлял проблем, но к 2010 году он превратился в значительную проблему.

Комитет Августина расширил задачи, поставленные в 2005 году, до необозримых пределов: “Следует направиться туда, где люди никогда не были, за пределы системы Земля-Луна, посетить (новые – прим. автора) околоземные объекты, совершить полёт на Марс, тем самым постоянно поддерживая общественный интерес. Исследователи поначалу смогут избежать погружения в довольно глубокие гравитационные колодцы на поверхности Луны и Марса, но зато научатся работать с автоматическими зондами на поверхности планет” [Augustine, 2009, стр.43]. Изначальное намерение Программы "Созвездие", которое состояло лишь в том,

чтобы, наконец, вернуться на Луну, можно было бы рассматривать как первый этап в этой новой обширной программе Комитета. Однако теперь новые задачи и ориентиры стали совершенно размыты.

Таким образом, Комитет Августина предусматривает стратегию в обозримом будущем избегать посещения Луны, а также Марса, предоставляя, очевидно, возможность следующему поколению поработать на этом поприще. Это подразумевает, опять же, отсутствие всякой связи с наработками 60-х годов, т. е. всё, включая конструкцию лунного модуля и технику высадки человека, а также методику их обратного отлёта в миссиях "Аполлон" – всё это отодвинуто в сторону как не представляющее ценности в современных космических программах. На этом фоне посмотрим на основную ракету доставки – Сатурн-5.

### Последнее, но не менее важное звено: тяжелая ракета-носитель



The Saturn V (NASA)

В начале Программы "Созвездие" в 2005 году НАСА выдвинуло такую рекомендацию: "Принять и реализовать концепцию нового поколения ракет-носителей на основе многоразовых ракет системы "Шаттл" для пилотируемых полётов на околоземную орбиту и для доставки аппаратов весом до 125 тонн для проведения исследований за пределами околоземного пространства. После тщательного анализа нескольких вариантов для доставки экипажа и грузов было установлено, что многоразовые системы "Шаттл" имеют значительные преимущества в плане стоимости, планирования, безопасности и надежности" [Arch. Study, 2005, стр.47]. Несмотря на указанные преимущества, система "Шаттл", как основной кандидат, имеет и существенный недостаток: ограниченную полезную нагрузку. Поэтому едва ли она смогла бы послужить в требуемом качестве тяжёлого грузовоза. Действительно, ракета-носитель Сатурн-5 использовалась, чтобы поднять на низкую околоземную орбиту груз прибл. 120 тонн, в то время как Шаттлы ограничены полезными нагрузками около 100 тонн, включая сам возвращаемый корабль. Переделка таких систем представляла бы собой совершенно новую самостоятельную задачу.

Неудивительно, что НАСА продолжило рассматривать различные варианты мощных ракет на пригодность их полётов на Луну. Естественно предположить, что новое поколение ракет-носителей, предназначенных для полётов на Луну, должно было бы учитывать лучшие достижения ракеты Сатурн-5, которая использовалась в программе Аполлон.

**Двигатель 1-й ступени F-1** Успех программы Аполлон в значительной степени базировался на лётных качествах ракеты Сатурн-5 с пятью исполинскими двигателями F-1 первой ступени, самыми мощными ракетными двигателями, когда-либо построенными. Однако, в обстоятельном, насчитывающем 750 страниц, архитектурном исследовании космических систем НАСА ракетный двигатель F-1 не рассматривается ни как запасной вариант, ни как прототип для будущих мощных двигателей. Он лишь однажды неявно упоминается в этом детальном обзоре научно-технических возможностей НАСА [Arch. Study, 2005, стр.467].





F-1 Engine (Rocketdyne)

миссий в последнее время\*). Разработка системы носителей "Арес" была частью собственно программы "Созвездие". Опять же, Комитет Августина не упоминает здесь ни ракету Сатурн-5, ни двигатели F-1.

\*) На самом деле, за длинным названием этой группы двигателей скрывается, прежде всего, российский РД-180, который активно обсуждается в докладе Комитета Августина (*прим. ред.*)

Более того, ГАО указывает на проблемы, выявленные в ходе предварительных исследований и моделирования нового пилотируемого корабля Арес-1: "Моделирование показало, - сообщает ГАО, - что колебания тяги (двигателя – *прим. автора*) в первой ступени приводят к недопустимым структурным вибрациям. Существует вероятность, что частота и амплитуда колебаний тяги могут выйти за пределы проектных требований "Арес". Специализированная группа НАСА изучала эту проблему и предложила варианты для уменьшения последствий, в том числе встраивание гасителей вибрации в конструкцию первой ступени, а также перекомпоновку корабля "Орион" в части изоляции экипажа от вибраций. [...] Отсутствие полного понимания лётно-технических характеристик модифицированного носителя может привести к риску отказа в работе оборудования и потере контроля над кораблём" [GAO, 2008, стр.10].

Это высказывание имеет исторический аспект. Та же проблема, т.е. продольные колебания корпуса ракеты, вызванные колебаниями в камерах сгорания двигателей первой ступени, проявились при втором полёте Сатурна-5 при его беспилотном запуске 4 апреля 1968 года, известном как Аполлон-6. Так называемые пого-вибрации были настолько велики, что они были признаны как угроза для здоровья и жизни экипажа, а также как угроза для целостности полезной нагрузки, включая посадочный лунный модуль. Уже в то время, в 1968 году, было признано, что "если бы были люди на борту "Аполлона-6", экипаж, наверное, прервал бы полёт в тот момент, когда их так сильно колотило бы, что они не смогли бы работать на борту корабля" [Apollo, 1989, стр.314].

Однако, без каких-либо дополнительных испытательных пусков после проблемного пуска в апреле, в декабре 1968 года ракета Сатурн-5, согласно отчётам НАСА, успешно вывела Аполлон-8 на окололунную орбиту с экипажем на борту.

Вместо этого, за четыре года работы над программой "Созвездие" в НАСА так и не было вынесено четкого решения, на чём же должны быть теперь основаны носители большой грузоподъёмности. К середине 2009 г. Комитет Августина всё ещё пытается выбрать между "недавно предложенной архитектурой "Арес-1" + "Арес-5", многоразовыми системами "Шаттл", и "супертяжёлыми" носителями из наследия одноразовых ракет-носителей" [Augustine, 2009, стр.64].

Последние представляют собой двигатели средней мощности, которые НАСА обычно использует для различных беспилотных

На третьем беспилотном запуске Сатурна-5 со станцией "Скайлэб" на борту 14 мая 1973 года проблема колебаний вернулась. Этот пуск оказался последним для Сатурна-5. Станция "Скайлэб" была сильно повреждена из-за сильных колебаний первой ступени ракеты. Одна панель солнечных батарей была оторвана от станции, и корпус станции в результате был сильно помят. В течение некоторого периода времени из-за повреждений станция считалась утраченной.

Напрашивается вопрос: как так случилось, что Сатурн-5 успешно отработал с 1969 года по 1972 год, а потом, через 6 месяцев после завершения программы Аполлон, скатился снова к проблеме, которую имел при рождении? Ведь именно между проблемными вторым и третьим беспилотными запусками Сатурна-5 произошли все успешные полеты с человеком к Луне.

Эти исторические факты могли бы помочь нам понять недавние процессы принятия решений в НАСА при разработке тяжелой ракеты-носителя. Не имея возможности полагаться на лучшую аполлоновскую ракету, НАСА пытается выбрать конструкцию мощной ракеты-носителя и сталкивается с проблемой значительных вибраций ракеты, подобных тем, которые наблюдались в двух беспилотных запусках Сатурна-5.

В середине 2009 года, примерно 18 месяцев спустя после первого замечания насчёт вибраций, проявляющихся в первой ступени, GAO признает, что НАСА по-прежнему имеет вибрационные проблемы с Арес-1: "Еще одна проблема, связанная с вибрацией, - заключил GAO в параллель с комментариями Комитета Августина, - виброакустика - давление звуковых волн, возникающих при работе первой ступени "Арес-1" и ускорении ракеты в атмосфере, что может привести к неприемлемым колебаниям корпуса всей "Арес-1" и "Ориона". Согласно заявлениям официальных представителей, НАСА всё ещё определяет, как эти вибрации и акустические волны могут повлиять на космический корабль" [GAO, 2009, стр.13].

Комитет Августина выразил аналогичную озабоченность по поводу ракеты Арес-1, не предлагая какого-либо реального решения: "Первоначальный план использования маршевых двигателей от "Спейс Шаттл" на разгонном блоке "Арес-1" оказался слишком проблемным, - заключил Комитет. - Но замена двигателя приведёт к уменьшению тяги и низкой экономичности по топливу, поэтому первая ступень твердотопливной ракеты должна быть усовершенствована, чтобы обеспечить более полный импульс. Это, в свою очередь, внесёт свой вклад в вибрационный эффект, борьба с которым в полной мере ещё предстоит" [Augustine, 2009, стр.111].

Суммируя сказанное, можно сказать, что четыре года научно-исследовательских и проектных работ привели к ключевым проблемам, аналогичным тем, с которыми столкнулись при беспилотных запусках Сатурна-5. Вскоре разработка ракет "Арес" была свёрнута. Остается загадкой, как проблема вибраций, с которой столкнулись на Аполлоне-6, была решена к декабрю 1968 года, без дополнительных тестовых полетов Сатурна-5. Единственное, на что можно обратить внимание, это то, что перед запуском Аполлона-8 имело место следующее утверждение: "Новые гелиевые системы поддува в предвентильном объеме полетят (на первой ступени Сатурна-5 – прим. автора) впервые. В этой системе предвентильный объем в системе подачи жидкого кислорода наполнен гелием, чтобы создать аккумуляторы (так в оригинале - прим. автора) или "поглотители встряски", чтобы подавить колебания. Эта

система установлена, чтобы предотвратить чрезмерные продольные колебания, которым подвергался Аполлон-6” [Ар-8 РК, 1968, р. 47].

Если проблему колебаний тогда действительно удалось решить, то приходится резюмировать, что это техническое решение, видимо, не было применено при запуске "Скайлэба", и в настоящее время это решение не рассматривается как подходящий вариант для предстоящих космических полетов. Таким образом, остается заключить, что, опять-таки, если нет опоры на положительный опыт решения проблем с Сатурном-5, то все девять успешных пилотируемых запусков Аполлонов к Луне оказываются под сомнением.

### Двигатель 2-й ступени J-2



J-2X Engine

Какой бы ни была первая ступень тяжелой ракеты-носителя, для второй ступени был уверенно отобран водородный двигатель J-2X. Для последующего старта к Луне с околоземной орбиты также потребуются J-2X. Это означает, что надо провести разработку модифицированного двигателя на основе разгонного двигателя J-2, использовавшегося в системе "Аполлон-Сатурн".

Наряду с двигателем F-1, двигатель J-2 также был основой успеха программы Аполлон. Он имел большую тягу, которую не могли обеспечить какие-либо другие аналоги сопоставимого размера и массы, и существенно то, что сначала он выводил полезный груз на низкую околоземную орбиту (НОО), а затем, путем повторного включения, обеспечивал отправку сборки лунного корабля, состоящего из командного, служебного и посадочного модулей, уже с НОО к Луне.

После окончания программы Аполлон двигатель J-2 использовался всего три раза: дважды для запуска на НОО (сравнительно малой – прим. ред.) ракеты Сатурн-1В по программе "Скайлэб" и в последний раз в 1975 году для космического рандеву с комплексом "Союз".

В начале программы "Созвездие" НАСА решило модифицировать J-2, хотя признавало проблемы: "Использование двигателя J-2S для старта с орбиты Земли относится к области высокого риска, потому что двигатели J-2S никогда не летали. J-2S (упрощенный J-2) был разработан для замены на "Сатурне" разгонных двигателей J-2. [...] Таким образом, расчетный срок в 4 года для проведения квалификационных испытаний, изготовления и проверки двигателя накладывает значительный риск для выполнения программы" [Arch. Study, 2005, стр.8].

После того, как анализ и проектные работы уже велись в течение 3 - 4 лет, GAO сделал предварительную оценку требуемого срока и интенсивности для этих работ: "График разработки J-2S, - заключил GAO, - напряженный, отводящий менее 7 лет от начала разработки до первого полета, и требует взаимосогласования работ по различным направлениям" [GAO, 2008, стр.12].

Если двигатель надежно эксплуатировался около 40 лет тому назад и если его приходится адаптировать сейчас, при нынешних темпах прогресса в технологиях, почему требуются солидные семь лет для его модификации? И почему тот факт, что модификация будет происходить одновременно по нескольким направлениям, поднимается как тревожащий

вопрос? Естественно, НАСА должно опираться на свой опыт работы с комплексом Сатурн-Аполлон при проведении подобных одновременных опытно-конструкторских работ.

Наконец, GAO сделал поразительное заключение: “Разгонный двигатель J-2X: Хотя J-2X основывается на двигателях J-2 и J-2S, использовавшихся в "Сатурне-5", [...] количество запланированных изменений таково, что, по словам экспертного совета НАСА, по трудоёмкости это представляет собой по существу разработку нового двигателя” [GAO, 2008, стр.10].

Как такое заявление может выдержать сравнение со всей программой Аполлон, разработка которой была завершена, согласно НАСА, в середине 60-х годов за те самые семь лет, и которая действительно была новаторской и велась одновременно по нескольким критически важным направлениям, причём все они были завершены впервые?

Построение новой тяжелой ракеты-носителя, то есть ключевой части программы "Созвездие", было полностью остановлено к 2010 году. Пилотируемый корабль Арес-1 был испытан в беспилотном полёте только один раз, в октябре 2009 года, и уже тогда было ясно, что у него нет будущего. Не было никакой опоры на такие ключевые элементы ракеты Сатурн-5 как мощный двигатель первой ступени F-1, и было очень мало надежд на двигатель второй ступени J-2.

В программе "Созвездие" новая лунная ракета должна была основываться на новых разработках, которые не имеют отношения к ракете Сатурн-5. Кроме того, легендарный двигатель F-1 даже не упоминается в последних документах НАСА. Его как будто и не существовало. В то время как НАСА, очевидно, не имеет подходящего тяжёлого носителя, оно признало, что нет никакого доверия и к аполлоновской ракете-носителю.

## **Заключение**

В апреле 2008 года доклад Счетной Палаты США (GAO) предусматривал ключевые технические элементы программы Аполлон в качестве запасного варианта для современных разрабатываемых систем. Однако, вполне возможно, со временем становилось ясно, что вспомогательные решения оказывались не всегда возможны на основе опыта и знаний НАСА.

В чем бы реально ни состояла истинная причина нежелания опереться на наработки по лунной теме в эпоху Аполлонов, к середине 2009 года в правительстве США пришли к выводу о невозможности осуществить программу "Созвездие" в рамках первоначально отведенного срока в 15 лет. GAO сообщает о “технических проблемах, существовавших в прошлом, в том числе колебания тяги двигателя, система теплозащиты, и J-2X. - GAO продолжает: Помимо этих проблем наши последние работы выявили другие технические проблемы, в том числе контроль массы капсулы "Орион", виброакустика, дрейф (ракеты – прим. автора) на старте и удовлетворение требованиям безопасности” [GAO, 2009, стр.10].

Отчет GAO выявил множество технических рисков при запуске ракеты-носителя и в проекте возвращаемого модуля "Орион" и, как следствие, для всей теперешней экспедиции на Луну. Многие проблемы, выявленные в 2005-09 гг., удивительно похожи на те, с которыми должны были столкнуться разработчики системы Аполлон и, безусловно, разрешить их, чтобы легендарная лунная программа действительно была успешно выполнена. Жизнеспособность старой лунной программы неминуемо подверглась сомнению внутри НАСА, когда запустили новую программу. Если оказалось нечего унаследовать из обширного опыта программы Аполлон, то закономерно встаёт вопрос, а могла ли вообще такая программа быть завершена 40 лет тому назад.

Сегодня перед НАСА все еще стоят технические проблемы, которые, как непереносимое условие того, чтобы программа Аполлон была успешной, должны были быть решены около 40 лет назад. Общий смысл последних докладов НАСА состоит в том, что технологий для полета на Луну не существует. Ни ракеты-носителя, ни капсулы для безопасного возвращения экипажа на Землю нет в наличии.

Далее, взлёт с поверхности Луны, который не был проблемой 40 лет назад, теперь является проблемой из-за ожидаемых трудностей при старте с поверхности Луны – трудностей, которые теперь сравниваются с попыткой вырваться из гравитационного колодца. Кроме того, НАСА признает, что они не обладают достаточными знаниями о радиационной обстановке за пределами околоземной орбиты.

Если отсутствует хотя бы одно важное звено в цепи операций, которые составляют процесс пилотируемого посещения Луны, вся программа становится невозможной. Одно такое звено это, конечно, теплозащитный экран возвращаемой капсулы, который еще не создан. Без должной теплозащиты капсулы любой пилотируемый полёт к Луне был бы путешествием в одну сторону, то есть – безвозвратным.

Недавно авторитетный специалист и бывший руководитель Локхид Мартин, Том Янг, признал, что НАСА движется по "ниспадающей траектории", и освоение астероидов и точек Лагранжа может стать важными этапами в космической деятельности, но не вдохновляет, поскольку для "практической" космонавтики пока остаётся лишь несколько достойных задач – Земля-Луна, спутники Марса и сама планета Марс [Young, 2013]. Таким образом, идея построить обитаемую базу на Луне, которую лелеяли в самом начале программы "Созвездие" [Arch. Study, 2005, p. 56], по-прежнему остается наиболее привлекательной.

В свете вышесказанного, а также учитывая многие другие недавние находки - для того, чтобы честно сформулировать ключевые проблемы и расчистить путь к их прагматичному решению - не будет ли более продуктивным признать, что полёты человека к Луне, якобы совершённые 40 лет назад, на самом деле не имели места?

## **Благодарность**

Автор признателен Маркусу Аллену из британского офиса журнала НЕКСУС за позитивный обзор статьи. Эта статья, одновременно с публикацией, выложена на сайте [www.Aulis.com](http://www.Aulis.com)

## Об Авторе

Фил Кутс живет и работает в Новой Зеландии, имеет ученую степень в прикладной физике. Он получил значительный опыт в прикладных исследованиях, работая научным сотрудником в университетах Великобритании, а также менеджером по разработкам в частных исследовательских компаниях. Фил пишет под псевдонимом, чтобы отделить его профессиональную деятельность от других интересов. С ним можно связаться по e-майлу: [philkuts@gmail.com](mailto:philkuts@gmail.com)

## Ссылки

[Arch. Study, 2005] *NASA: Exploration Systems Architecture Study. Final Report.* NASA-TM-214062, November 2005. 750pp. [http://www.nasa.gov/exploration/news/ESAS\\_report.html](http://www.nasa.gov/exploration/news/ESAS_report.html)

[NASA News, 2006] *NASA Developing New Heat Shield for Orion.* 13 Sept 2006. [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/constellation/orion/orionheatshield.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/constellation/orion/orionheatshield.html)

[GAO, 2008] *Ares I and Orion Project Risk and Key Indicators to Measure Progress.* GAO-08-186T, Government Accountability Office, April 2008. 23 pp. <http://www.gao.gov/new.items/d08186t.pdf>.

[Augustine, 2009] *Review of U.S. Human Spaceflight Plan Committee: Seeking a Human Spaceflight Program Worthy of a Great Nation.* Augustine Committee, October 2009. 157 pp. [www.nasa.gov/pdf/396093main\\_HSF\\_Cmte\\_FinalReport.pdf](http://www.nasa.gov/pdf/396093main_HSF_Cmte_FinalReport.pdf)

[NCRP, 2006] *Information Needed to Make Radiation Protection Recommendations for Space Missions Beyond Low-Earth Orbit.* Report No. 153, NCRP, 2006. 400 pp. [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=12045&page=16](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=12045&page=16)

[NRC, 2008] National Research Council. *Managing Space Radiation Risk in the New Era of Space Exploration*, The National Academies Press, Washington, DC, 2008. 132 pp. [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=12045](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12045)

[Orion Factsheet, 2012] *Orion Exploration Flight Test-1.* NASA, 18 May 2012, [http://www.lpi.usra.edu/lunar/constellation/orion/EFT\\_1\\_factsheet.pdf](http://www.lpi.usra.edu/lunar/constellation/orion/EFT_1_factsheet.pdf)

[Pres. Speech, 2010] *President Barack Obama on Space Exploration in the 21st Century.* NASA, 15 April 2010, [http://www.nasa.gov-news-media-trans-obama\\_ksc\\_trans.html](http://www.nasa.gov-news-media-trans-obama_ksc_trans.html)

[Apollo, 1989] Murray, Charles, and Catherine Bly Cox. *Apollo. The Race to the Moon.* Simon & Schuster, New York, 1989. 506 pp.

[Ap-8 PK, 1968: NASA] *Apollo 8 Press Kit.* (No. 68-208), 15 December 1968, <http://history.nasa.gov/ap08fj/pdf/a08-presskit.pdf>

[GAO, 2009] *NASA Constellation Program Cost and Schedule Will Remain Uncertain Until a Sound Business Case Is Established*. GAO-09-844, Government Accountability Office, August 2009. 31 pp. <http://www.gao.gov/new.items/d09844.pdf>

[Young, 2013] *Tom Young: NASA on Declining Trajectory, Beware Unintended Consequences of SLPA*. March 2013. <http://www.spacepolicyonline.com/news/tom-young-nasa-on-declining-trajectory-beware-unintended-consequences-of-slpa>