

В рамках программы VSE (Vision of Space Exploration) NASA раздумывает, какой кислородно-водородный ЖРД включить в конструкцию тяжелого носителя – дорогой SSME системы Space Shuttle, обладающий высокими характеристиками, или сравнительно «дешевый» RS-68, удельные характеристики которого значительно ниже.

Между тем, на первой ступени тяжелого носителя теоретически мог быть установлен и другой ЖРД – мощный кислородно-керосиновый F-1, созданный фирмой Rocketdyne для лунной PH Saturn 5. В нынешнем проекте он не рассматривается – его оппоненты утверждают, что (помимо прочих «кно») технологию серийного производства самого мощного в Западном мире двигателя, созданного для «Сатурна», восстановить невозможно: она безвозвратно потеряна, а двигатель не соответствует требованиям, поставленным в рамках существующей программы.

Попробуем разобраться, где здесь правда, а где – политика, пусть и техническая.

Начнем с того, что Saturn 5 не был мозаикой, сложенной из баков, двигателей, систем управления, теплоизоляции и т.п. Это был подлинный сплав многих технологий, часть из которых к настоящему времени устарела. Например, технология сварки развивалась в течение 1960-х и продолжает развиваться до сих пор. Во времена «Сатурна» сварки трением и лазерным лучом не существовало, а сегодня она довольно широко используется изготовителями авиакосмической техники. Точно так же алюминиево-литиевые сплавы и композитные стекло- и углепластиковые материалы тогда были недоступны, но широко используются сегодня. Станки с числовым программным управлением сейчас гораздо более точные, чем сорок лет назад. При изготовлении летающей



Старое вино в новых мехах

Возможности использования двигателей, разработанных в 1960–1970-х годах, в проектах перспективных ракетно-космических комплексов

техники используются материалы, упрочненные и химически обработанные способами, которые в 1960-х годах еще не были изобретены.

Если NASA захотело бы построить сегодня новый Saturn 5, агентству не нужны были бы оригинальные чертежи: многие вещи пришлось бы делать по-другому. Элементы конструкции были бы легче и прочнее, чем сделанные в 1966 г.

Однако руководство NASA понимало, что ключевые части носителя, вероятно, будут полезны в будущем, и приняло стратегическое решение сохранить эту технологию. В частности, было сохранено «сердце» ракеты – двигатели.

водства по их эксплуатации и ремонту, но не приобретают детальной документации по тому, как их строить. Это остается на совести подрядчика.

Saturn имел многих подрядчиков. Ступени ракеты были построены разными фирмами, которые использовали совершенно различную документацию, не делясь ею друг с другом. Когда программу закрыли, NASA не стало собирать и хранить информацию.

Другая проблема – подготовка инструмента. Документация и чертежи – еще не все, что нужно для постройки ракеты. Требуются также инструменты и приспособления, многие из которых делаются исключительно для сборки ЛА; часть из них уникальная – например, оборудование для сборки, сварки и транспортировки топливных баков десятиметрового диаметра. Эти средства также надо разрабатывать. Когда контракт закончен, это оборудование занимает место в цехах предприятия, которое необходимо для решения других задач. Таким образом, оснастка или помещается на хранение или (что чаще бывает) демонтируется – сразу или через какое-то время. Оснастка для «Сатурна-5» была утрачена более трех десятилетий назад. Даже если полный комплект проектных документов существует, инструменты придется разработать (снова документация!) и изготовить заново.

Байка о том, что NASA потеряло или уничтожило чертежи «Сатурна-5», быстро рассыпается, когда узнаешь о «программе сохранения знаний о производстве F-1» – проекте компании Rocketdyne, которая строила двигатели и сохранила столько технической документации и знаний о них, сколько было возможно. Согласно описи, было выпущено 20 томов материалов по таким темам, как блоки форсуночных головок, клапаны, сборочные единицы и испытания, тепловая изоляция и электрические кабели, а также многое другое.

Более того, Rocketdyne нашла способ сохранить индивидуальные знания участников программы. Были записаны на магнитную ленту интервью с людьми, скрупулезно фиксируя данные о деталях и системах, которые были наиболее трудны в производстве.

В дополнение ко всем этим материалам, NASA также сохранило несколько F-1 – и это кроме тех двигателей, которые находятся в музеях, могут быть разобраны и исследованы. Пять изделий находятся на хранении на сборочном заводе в Мичуде, а десять стоят на ступенях музейных «Сатурнов-5», выставленных на всеобщее обозрение.

Rocketdyne поставила агентству 98 серийных двигателей, из которых 65 улетели в составе ракет. Компания провела 2771 огневое стендовое испытание, из которых 1110 – на полную продолжительность, и наработала в общей сложности 239124 сек – более чем 66 часов. Связка из пяти двигателей, используемых в составе первой ступени PH Saturn 5, 34 раза включалась на стенде в шт. Миссисипи и Алабама, 18 раз на полную продолжительность, в общей сложности наработав 15534 сек.

Если бы NASA был нужен F-1, агентство могло бы привлечь к его изготовлению Rocketdyne. Эта фирма ныне является частью корпорации United Technologies. Скорее всего, компания стала бы строить F-1A – усо-

Один из распространенных мифов истории космонавтики: чертежи «Сатурна-5» потеряны или уничтожены, и ракету построить невозможно, даже если очень захочется.

Действительно, большой объем технической документации проекта Saturn 5/Apollo потерян или уничтожен. Но здесь нет никакого злого умысла: фактически многие документы никогда и не хранились, поскольку не были для этого предназначены. Конечно, есть сотни тысяч страниц технической документации, сохраненной на микрофильмах в Национальном архивном хранилище (National Archives facility) вблизи Атланты. Но это далеко не весь проект.

Для производства элементов носителя требуются схемы, пояснительные записки, вычисления, перечень использованных материалов, а также инструкции по сборке. Кроме того, часть информации постоянно находится в голове рабочих, которые строят ЛА. Эта информация постепенно утрачивается, когда сотрудники проекта уходят с предприятия или из жизни.

Значительная часть технической документации по «Сатурну», разработанная сторонними фирмами, находилась у них и не передавалась NASA. Когда контракты закончились, у фирм не было никаких обязательств о сохранении материалов. В США так происходит с любым правительственным контрактом. ВВС покупают самолеты-истребители и руко-

вершенствованный вариант двигателя тягой 8 млн Н (исходный F-1 имел тягу 6.7 млн Н). Изменения конструкции, увеличившие мощность, надежность и безотказность двигателя, были успешно продемонстрированы на двух экземплярах стендовых ЖРД.

В конце 1980-х – начале 1990-х годов NASA попыталось привлечь F-1 в рамках «Инициативы по исследованию космического пространства» SEI (Space Exploration Initiative). По расчетам, стоимость использования F-1A в мощной РН оказалась неожиданно высокой.

В 1992 г. Rocketdyne (тогда еще часть Rockwell International) изучила возможность возобновления производства F-1A. Компания проинспектировала персонал, имеющий опыт работы с двигателем F-1 в трех областях – проектирование, испытание и сертификация и производство, – и определила, сколько людей работает до сих пор, сколько ушло в отставку (на пенсию), но может работать по программе, если потребуется (числа составили 248 и 76 человек соответственно). Компания подчеркивала, что смогла восстановить производство двигателей для РН Atlas и Delta, остановленное в какой-то момент (ЖРД для «Дельты» не производились с 1968 г. до 1989 г., затем линия по производству RS-27/27A была пущена вновь).

Снова оказалось, что F-1A был бы слишком дорог. С учетом уровня инфляции 2005 г. стоимость возобновления производства составила бы примерно 445 млн \$, а цена одного двигателя при заказе 40 штук (программа выпуска – 10–12 изделий в год) – 21 млн \$.

Проведенные тогда и повторенные сейчас оценки возможности создания мощного кислородно-водородного ЖРД показали, что Rocketdyne способна создать «упрощенный» одноразовый вариант SSME стоимостью 40 млн \$ за штуку. Каждый SSME имел бы тягу почти в 4 раза меньше, чем F-1A, и это при почти вдвое большей стоимости! Однако NASA не забывает, что цена на кислородно-керосиновый двигатель складывается из почти полмиллиарда долларов на возобновление производства, которые надо «раскидать» на каждый индивидуальный F-1A.

Все эти исследования грешат большой долей условностей. Без точного знания фактических затрат на производство Rocketdyne не может дать твердое заключение о преимуществах двигателя F-1A по сравнению с другими предложениями. Но сравнение указывает на тот факт, что из всех трех двигателей – F-1A, SSME и RS-68 – единственный, который находится в настоящее время в серии и не требует никаких издержек на возобновление производства, – это RS-68. Что еще важнее – он используется для ракеты Delta IV, которая имеет других заказчиков. Расширение производства RS-68 для установки на новую мощную РН должно привести к снижению затрат на изготовление единичного образца двигателя, о чем Rocketdyne неоднократно заявляла. Это, несомненно, одна из причин того, что NASA рассматривает переход с дорогого SSME на



▲ RS-68

RS-68. Увы и ах, но кажется, что F-1A вновь остается «без работы»...

С аналогичными проблемами сталкиваются и российские разработчики – применительно к двигателям НК-33/43/31/43, которые были созданы в рамках советской лунной программы и с середины 1990-х годов неоднократно предлагались к использованию в различных проектах отечественных и зарубежных РН и космических комплексов.

В частности, двигатель НК-43 предполагается использовать на первой ступени новой РН авиационного базирования «Полет» авиационного ракетно-космического комплекса «Воздушный старт» (НК №3, 2006, с.48–51). Он отвечает всем предъявляемым требованиям по тяге, удельному импульсу и пределам изменения тяги. Перед фирмой-правообладателем (СНТК «Двигатели НК») стояла задача адаптировать имеющийся ЖРД к условиям, которые предъявляет эскизный проект, а именно форсировать по тяге на 12% и дооснастить новой системой управления.

Существует возможность использования двигателя НК-33 вместо НК-43. Высотность этих ЖРД такова, что преимущества НК-43 по тяге (прежде всего, высокий удельный импульс) проявляются при работе на высоте более 10 км. НК-33 существенно проигрывает на этих высотах. Раздвижной (или стационарный) сопловой насадок, который можно использовать, подтягивает характеристики до НК-43. Такие работы проведены в НПО «Искра», которое готово выполнить подобный заказ и сделать насадок из углерод-углеродного композитного материала (УУКМ). Он дает возможность «земному» соплу получить прибавку удельной тяги – не все 16 единиц, которые требуются, но все же 12 единиц можно «отыграть».



▲ Двигатель НК-43М. Для системы «Воздушный старт» его необходимо будет дооснастить новыми и модернизированными блоками и агрегатами (выделены цветом)



▲ Двигатель НК-33-1. Выдвижной насадок увеличит удельный импульс ЖРД

Для двигательной установки «Полета», кроме узлов подвеса и качания ЖРД, требуется сделать теплообменник, сопла крена и бустерный насосный агрегат, который дает существенное снижение, по крайней мере на 0.5 атм, бакового давления.

В настоящее время в наличии имеется 54 НК-33. С учетом макета и резерва – это 50 двигателей, которые можно отдать на доработку. На летные машины можно поставить 16 штук НК-43.

Поскольку программа «Воздушный старт» подразумевает выполнение 100 пусков РН на протяжении 20 лет, а задел по имеющимся двигателям существенно ограничен (тем более что на их использование нацеливаются как минимум еще два новых проекта – Kistler и «Союз-2-3»), стоит вопрос об открытии производства и об испытательной базе. По рекомендации головных институтов последняя может быть организована на Винтайском машиностроительном заводе. Там имеется два стенда. Стенд, на котором испытывался двигатель, давно не работает. В него нужно вложить достаточно серьезные деньги. Но надо помнить, что стенд уникальный – на нем можно испытывать всю первую ступень РН комплекса «Воздушный старт».

Серийное производство – особая статья. Если речь пойдет о десяти пусках в год, имеющегося задела очень скоро не хватит, и нужно будет восстанавливать «серию» при помощи той кооперации, которая была налажена по программе Н-1 в самарском «кусте», а конкретно были задействованы заводы «Моторостроитель», «Металлист», «Агрегат».

Сегодня в «ЦСКБ-Прогресс» ведутся работы по программе испытаний двигателей после их хранения. В последние годы НК-33 трижды испытывался на стенде – в 1995 г. и 1998 г. в США и в 1998 г. в России в широком диапазоне тяги и соотношения компонентов. Со времени последнего испытания прошло восемь лет...

Как и его американский «визави», НК-33/НК-43 был сделан для пилотируемого космического комплекса, и, хотя его характеристики после длительного хранения требуют подтверждения, представляется целесообразным применение этого задела в перспективных программах.

По материалам статьи «Thunder in a bottle: the non-use of the mighty F-1 engine» by Dwayne A. Day, The Space Review, Monday, March 27, 2006; доклада В.П.Данильченко, главного конструктора СНТК им. Н.Д.Кузнецова, на НТС Роскосмоса по проекту «Воздушный старт» (28 февраля 2006 г.)