

ОТ СЛОЖНОГО К ПРОСТОМУ

ПОЧЕМУ ПОСТРОИТЬ ОДНОСТУПЕНЧАТУЮ КОСМИЧЕСКУЮ РАКЕТУ СЛОЖНЕЕ, ЧЕМ МНОГОСТУПЕНЧАТУЮ, И ПОЧЕМУ ВРЕМЯ СДЕЛАТЬ ЭТО УЖЕ ПРИШЛО.



С

читается, что технологии всегда развиваются постепенно, от простого к сложному, от каменного ножа к стальному – и лишь затем к фрезерному станку с программным управлением. Однако судьба космического ракетостроения оказалась не столь

прямолинейной. Создание простых, надежных одноступенчатых ракет долгое время оставалось недоступным для конструкторов. Требовались такие решения, которых не могли предложить ни материаловеды, ни двигателисты. До сих пор ракеты-носители остаются многоступенчатыми и одноразовыми: невероятно сложная и дорогостоящая система используется считанные минуты, после чего выбрасывается.

«Представьте, что перед каждым перелетом вы бы собирали новый самолет: соединяли фюзеляж с крыльями, прокладывали электрокабели, устанавливали двигатели, а после приземления отправляли бы его на свалку... Далеко так не улетишь, – рассказали нам

разработчики Государственного ракетного центра им. Макеева. – Но именно так мы поступаем каждый раз, отправляя грузы на орбиту. Конечно, в идеале всем хотелось бы иметь надежную одноступенчатую “машину”, которая не требует сборки, а прибывает на космодром, заправляется и запускается. А потом возвращается и стартует еще раз – и еще»...

НА ПОЛПУТИ

По большому счету, ракетная техника пыталась обойтись одной ступенью еще с самых ранних проектов. В первоначальных набросках Циолковского фигурируют именно такие конструкции. Он отказался от этой идеи лишь позднее, поняв, что технологии начала XX века не позволяют реализовать это простое и элегантное решение. Вновь интерес к одноступенчатым носителям возник уже в 1960-х, и такие проекты прорабатывались по обе стороны океана. К 1970-м в США работали над одноступенчатыми ракетами SASSTO, Phoenix и несколькими решениями на базе S-IVB, третьей ступени PH Saturn V, которые доставляли астронавтов на Луну.

КОРОНА должна стать роботизированной и получить интеллектуальное программное обеспечение для системы управления. ПО сможет обновляться прямо в полете, а в нештатной ситуации автоматически «откатываться» к резервной стабильной версии.



«Грузоподъемностью бы такой вариант не отличался, двигатели для этого были недостаточно хороши – но все же это была бы одна ступень, вполне способная долететь на орбиту, – продолжают инженеры. – Разумеется, экономически это было бы совершенно неоправданным». Лишь в последние десятилетия появились композиты и технологии работы с ними, которые позволяют сделать носитель одноступенчатым и притом многоразовым. Стоимость такой «наукоемкой» ракеты будет выше, чем традиционной конструкции, зато она будет «размазана» на множество стартов, так что цена запуска окажется значительно ниже обычного уровня.

Именно многоразовость носителей – сегодня главная цель разработчиков. Частично многоразовыми были системы Space Shuttle и «Энергия–Буран». Многократное использование первой ступени отрабатывается для ракет SpaceX Falcon 9. В SpaceX уже осуществили несколько успешных посадок, а в конце марта попытаются запустить одну из летавших в космос ступеней еще раз. «На наш взгляд, этот подход может лишь дискредитировать идею создания настоящего многоразового носителя, – замечают в КБ Макеева. – Такую ракету все равно приходится перебирать после каждого полета, монтировать связи и новые одноразовые компоненты... и мы снова возвращаемся к тому, с чего начали».

Полностью многоразовые носители пока остаются лишь в виде проектов – за исключением New Shepard американской компании Blue Origin. Пока что ракета с пилотируемой капсулой рассчитана лишь на суборбитальные полеты космических туристов, но большинство найденных при этом решений вполне можно масштабировать и для более серьезного орбитального носителя. Представители компании не скрывают планов создать такой вариант, для которого уже разрабатываются мощные двигатели BE-3 и BE-4. «С каждым суборбитальным полетом мы приближаемся к орбите», – заверяют в Blue Origin. Но их перспективный носитель New Glenn тоже будет многоразовым не полностью: повторно использоваться должен лишь первый блок, созданный на основе уже испытанной конструкции New Shepard.

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА

Углепластиковые материалы, необходимые для полностью многоразовых и одноступенчатых ракет, применяются в аэрокосмической технике еще с 1990-х. В те же годы инженеры компании McDonnell Douglas оперативно приступили к реализации проекта Delta Clipper (DC-X) и сегодня вполне бы могли похвастаться готовым и летающим углепластиковым носителем. К сожалению, под давлением Lockheed Martin работа над DC-X была прекращена, технологии переданы NASA, где их пытались применить для неудачного проекта VentureStar, после чего многие

Наш эксперт



Александр Вавилин

Образование: Челябинский государственный университет
Работа: Ведущий инженер-конструктор проектного отдела ГРЦ им. Макеева

занятые этой темой инженеры перешли на работу в Blue Origin, а сама компания была поглощена Boeing.

В те же 1990-е этой задачей заинтересовались и в российском ГРЦ Макеева. За прошедшие с тех пор годы проект КОРОНА («Космическая одноразовая ракета, одноступенчатый носитель [космических] аппаратов») пережил заметную эволюцию, и промежуточные варианты показывают, как все более простыми и совершенными становились конструкция и компоновка. Постепенно разработчики отказались от сложных элементов – таких как крылья или внешние топливные баки – и пришли к пониманию того, что основным материалом корпуса должен стать именно углепластик. Вместе с обликом менялись и масса, и грузоподъемность. «Используя даже лучшие современные материалы, невозможно построить одноступенчатую ракету массой менее 60–70 т, при этом полезная нагрузка у нее будет совсем невелика, – говорит один из разработчиков. – Но по мере роста стартовой массы на конструкцию (до определенного предела) приходится все меньшая доля, и использовать ее становится все более выгодно. Для орбитальной ракеты этот оптимум – примерно 160–170 т, начиная с этого масштаба ее применение уже может быть оправданным».

В последней версии проекта КОРОНА стартовая масса еще выше и приближается к 300 т. Такая большая одноступенчатая ракета требует использования высокоэффективного жидкостного реактивного двигателя, работающего на водороде и кислороде. В отличие от двигателей на отдельных ступенях, такой ЖРД должен «уметь» работать в очень разных условиях и на разных высотах, включая взлет и полет за пределами атмосферы. «Обычный жидкостный двигатель с соплами Лавалю эффективен лишь на определенных диапазонах высот, – поясняют макеевские конструкторы, – поэтому мы пришли к необходимости использовать клиновоздушный ЖРД». Газовая струя в таких двигателях сама подстраивается под давление «за бортом», и они сохраняют эффективность как у поверхности, так и высоко в стратосфере.

Пока в мире не существует рабочего двигателя этого типа, хотя ими занимались и занимаются и в нашей стране, и в США. В 1960-х инженеры Rocketdyne испытывали такие двигатели на стенде, но до установки на ракеты дело не дошло. КОРОНА должна оснащаться модульным вариантом, в котором

клиновоздушное сопло – единственный элемент, который пока не имеет прототипа и не был отработан. Есть в России и все технологии для производства композитных деталей – их разработали и успешно применяют, например, во Всероссийском институте авиационных материалов (ВИАМ) и в ОАО «Композит».

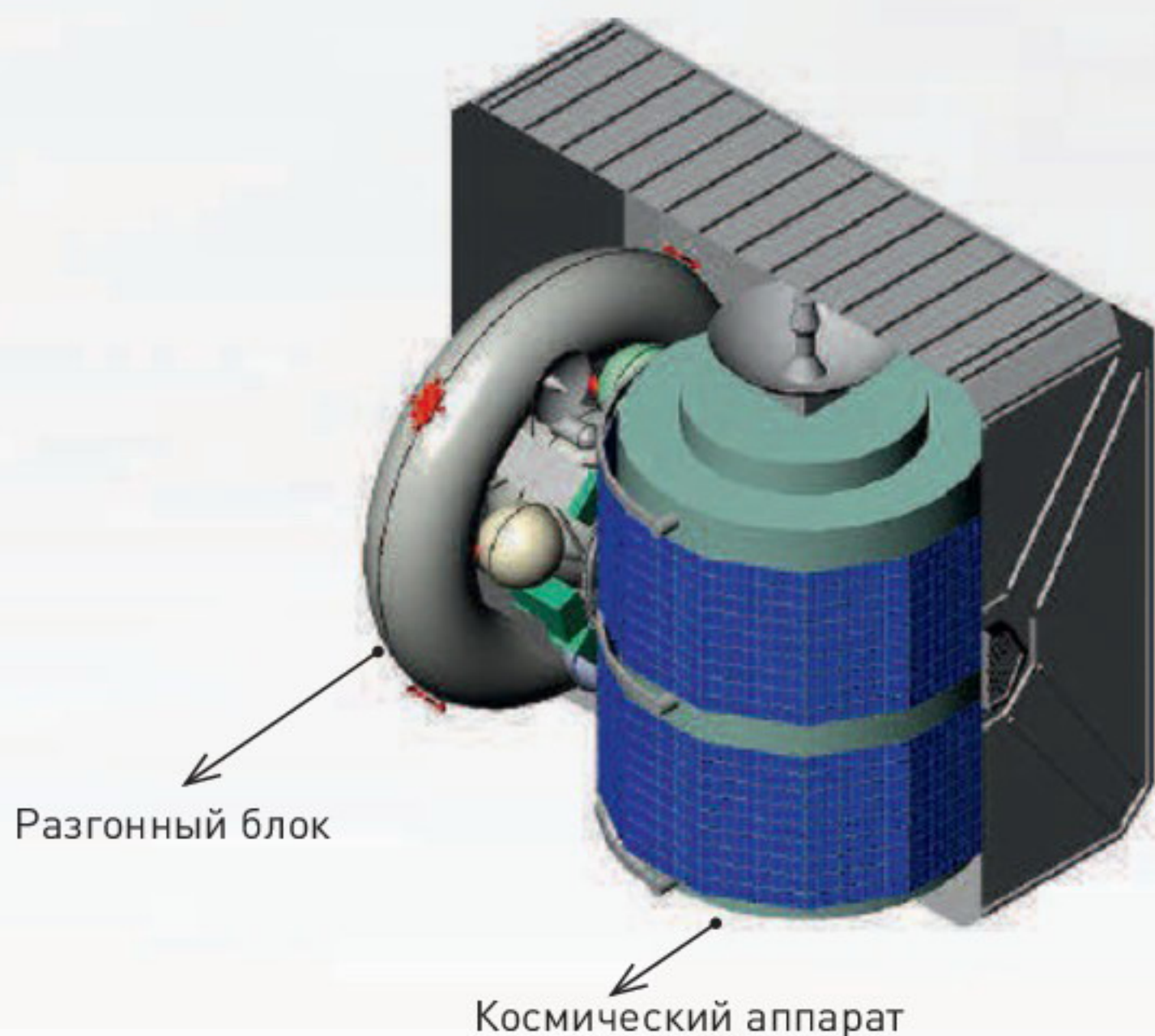
ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПОСАДКА

При полете в атмосфере углепластиковую силовую конструкцию КОРОНЫ будут покрывать теплозащитные плитки, разработанные в ВИАМ еще для «Буранов» и с тех пор заметно усовершенствованные. «Основная тепловая нагрузка на нашу ракету концентрируется на ее “носке”, где используются высокотемпературные элементы теплозащиты, – объясняют конструкторы. – При этом расширяющиеся борта ракеты имеют больший диаметр и находятся под острым углом к потоку воздуха. Температурная нагрузка на них меньше, что позволяет использовать более легкие материалы. В результате мы сэкономили больше 1,5 т. Масса высокотемпературной части у нас не превышает 6% от общей массы теплозащиты. Для сравнения, у “Шаттлов” на нее приходится больше 20%».

Изящная конусообразная конструкция носителя стала результатом бесчисленных проб и ошибок. По словам разработчиков, если взять только ключевые характеристики возможного многоразового одноступенчатого носителя, то придется рассмотреть порядка 16 000 их комбинаций. Сотни из них конструкторы оценили, работая над проектом. «От крыльев, как на “Буране” или Space Shuttle, мы решили отказаться, – говорят они. – По большому счету, в верхних слоях атмосферы они космическим кораблям только мешают. Входят в атмосферу на гиперзвуке такие корабли не лучше “утюга”, и только на сверхзвуковой скорости переходят к горизонтальному полету и могут как следует опереться на аэродинамику крыльев».

В РАЗРЕЗЕ

■ КОНТЕЙНЕР ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ



■ РН КОРОНА

Разработчик:
АО «ГРЦ им. Макеева»
Стартовая масса:
270–290 т

Высота на стоянке: **33,9 м**

Длина: **30,5 м**

Макс. диаметр: **10 м**

Полезная нагрузка*:

до **7 т** (с морской

платформы), до **6 т**

(с космодромов

на территории РФ)

* При выведении на низкую околоземную орбиту.

Маршевый двигатель:

клиновоздушный ЖРД

Пустотная тяга:

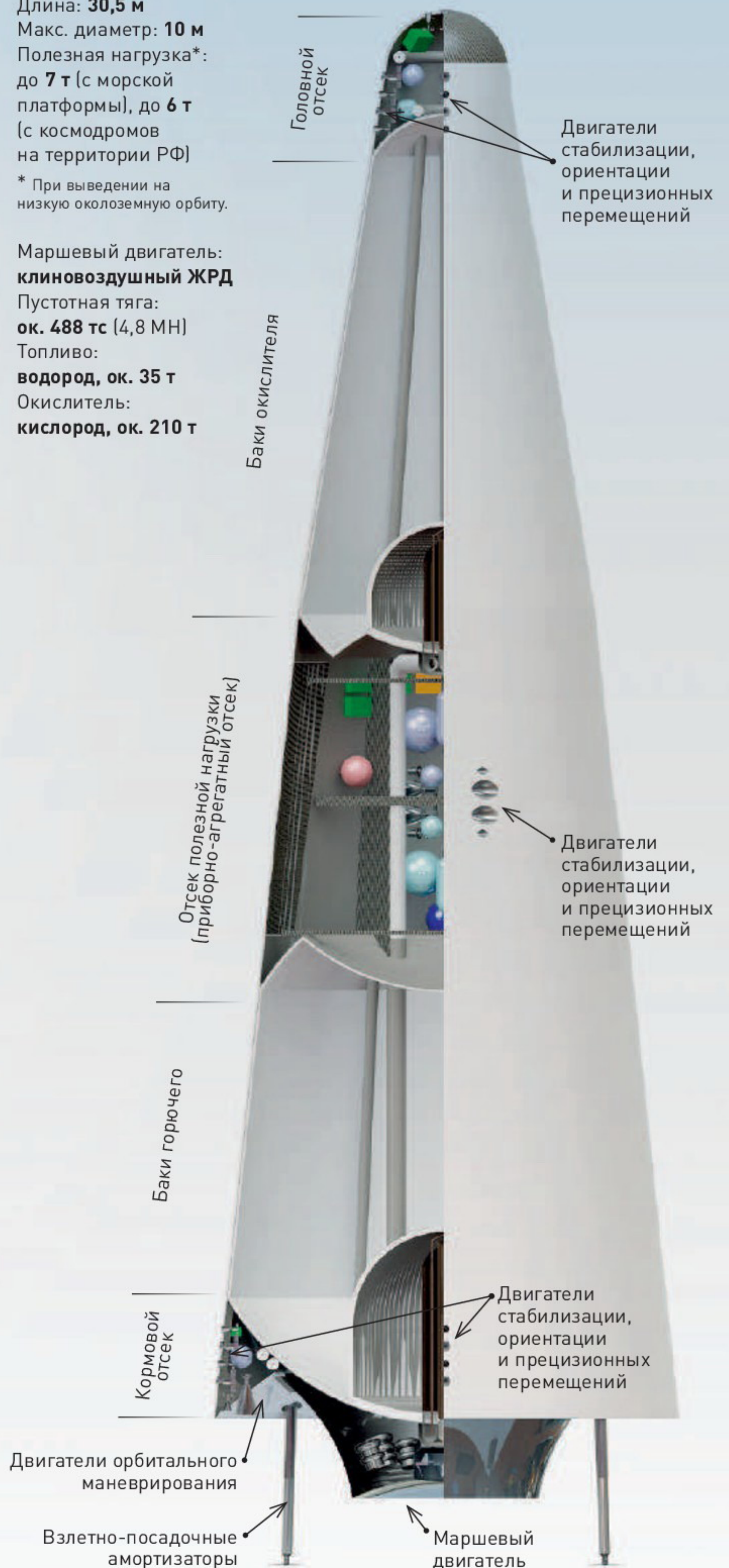
ок. 488 тс (4,8 МН)

Топливо:

водород, ок. 35 т

Окислитель:

кислород, ок. 210 т



Осесимметричная конусообразная форма не только позволяет облегчить теплозащиту, но и обладает хорошей аэродинамикой при движении на очень больших скоростях. Уже в верхних слоях атмосферы ракета получает подъемную силу, которая позволяет ей не только тормозить здесь, но и маневрировать. Это, в свою очередь, дает возможность совершить необходимые маневры на большой высоте, направляясь к месту посадки, и в дальнейшем полете останется лишь завершить торможение, скорректировать курс и развернуться кормой вниз, используя слабые маневровые двигатели.

Вспомним и Falcon 9, и New Shepard: в вертикальной посадке сегодня уже нет ничего невозможного или даже необычного. При этом она позволяет обойтись существенно меньшими силами при строительстве и эксплуатации ВПП – полоса, на которую садилась те же «Шаттлы» и «Буран» должна была иметь протяженность в несколько километров, чтобы затормозить аппарат со скорости в сотни километров в час. «КОРОНА, в принципе, может даже взлетать с морской платформы и садиться на нее, – добавляет один из авторов проекта, – конечная точность посадки у нас составит около 10 м, ракета опускается на выдвижные пневматические амортизаторы». Останется лишь провести диагностику, заправить, поместить новую полезную нагрузку – и можно снова отправляться в полет.

КОРОНА до сих пор реализуется при отсутствии финансирования, так что разработчикам КБ Макеева удалось добраться лишь до завершающих этапов эскизного проекта. «Мы прошли эту стадию почти целиком и совершенно самостоятельно, без внешней поддержки. Все, что можно было сделать, мы уже сделали, – говорят конструкторы. – Мы знаем, что, где и когда должно быть произведено. Теперь надо переходить к практическому проектированию, производству и отработке клю-

чевых узлов, а на это требуются деньги, так что сейчас все упирается в них».

ОТЛОЖЕННЫЙ СТАРТ

Углепластиковая ракета ожидает лишь масштабного старта, при получении необходимой поддержки конструкторы готовы уже через шесть лет начать летные испытания, а через семь-восемь – приступить к опытной эксплуатации первых ракет. По их оценкам, для этого требуется сумма менее \$2 млрд – по меркам ракетостроения совсем немного. При этом возврата инвестиций можно ждать уже через семь лет использования ракеты, если количество коммерческих пусков сохранится на текущем уровне, или даже за 1,5 года – если оно будет расти прогнозируемыми темпами.

Более того, наличие на ракете двигателей маневрирования, средств сближения и стыковки позволяет рассчитывать и на сложные многоразовые схемы выведения. Потратив топливо не на посадку, а на довыведение полезной нагрузки, можно довести ее до массы уже более 11 т. Затем КОРОНА состыкуется со второй, «танкерной», которая заправит ее баки дополнительным горючим, необходимым для возвращения. Но все-таки куда важнее многообразие, которая впервые избавит нас от необходимости собирать носитель перед каждым запуском – и терять его после каждого выведения. Только такой подход может обеспечить создание стабильного двустороннего грузопотока между Землей и орбитой, а вместе с тем и начало настоящей, активной, масштабной эксплуатации околоземного пространства.

Ну а пока КОРОНА остается в «подвешенном состоянии», работа над New Shepard продолжается. Развивается и аналогичный японский проект RVТ. Российским разработчикам для рывка может просто не хватить поддержки. Если у вас есть пара лишних миллиардов, это будет инвестицией куда лучшей, чем даже самая большая и роскошная яхта в мире.

ИИМ

ЭВОЛЮЦИЯ ИДЕИ

Проект многоразовой ракеты прорабатывается в КБ Макеева уже больше двух десятилетий. За это время конструкторы в корне пересмотрели облик носителя и его параметры. Из сложной, многомодульной «крылатой» конструкции выкристаллизовался простой и лаконичный конус.

