

## КАК СДЕЛАТЬ КОСМИЧЕСКИЕ ПОЛЕТЫ МАССОВЫМИ?

# ОТ РАКЕТЫ ДО ОРБИТАЛЬНОЙ МАСТЕРСКОЙ

Дмитрий СМИРНОВ, Сергей ТРОЩЕНКОВ, Игорь ПШЕНИЧНИКОВ\*

**ВО ВТОРОЙ ПУБЛИКАЦИИ ИЗ ЦИКЛА, ПОСВЯЩЕННОГО АНАЛИЗУ ПЕРСПЕКТИВ И ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ, РЕЧЬ ПОЙДЕТ О МНОГОРАЗОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И О ТОМ, КАК СНИЗИТЬ СТОИМОСТЬ ВЫВЕДЕНИЯ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ НА ОРБИТУ.**

В начале 1990-х возможности транспортных космических систем, созданных по технологиям предыдущих десятилетий, достигли потолка из-за дороговизны техники и содержания инфраструктуры. Усилия по созданию полностью многоразовых ракет предпринимались еще в 1960-х, но технологии того времени не позволили реализовать идею на практике.

Появившаяся в 1981 г. система Space Shuttle была частично многоразовой. Более поздние попытки разработать экономически привлекательный одноступенчатый носитель, такой как Delta Clipper фирмы McDonnell Douglas (рис. 1) или X-33/VentureStar компании Lockheed Martin, были отменены на этапе создания летных demonstra-

*\* Дмитрий Петрович Смирнов, блок ТЭО средств выведения и наземной космической инфраструктуры, АО «Организация "Агат"»; Сергей Викторович Трощенко, к.ф.-м.н., Департамент реализации программ создания КРК СТК Госкорпорации «Роскосмос»; Игорь Викторович Пшеничников, Департамент перспективных программ и проекта «Сфера» Госкорпорации «Роскосмос».*

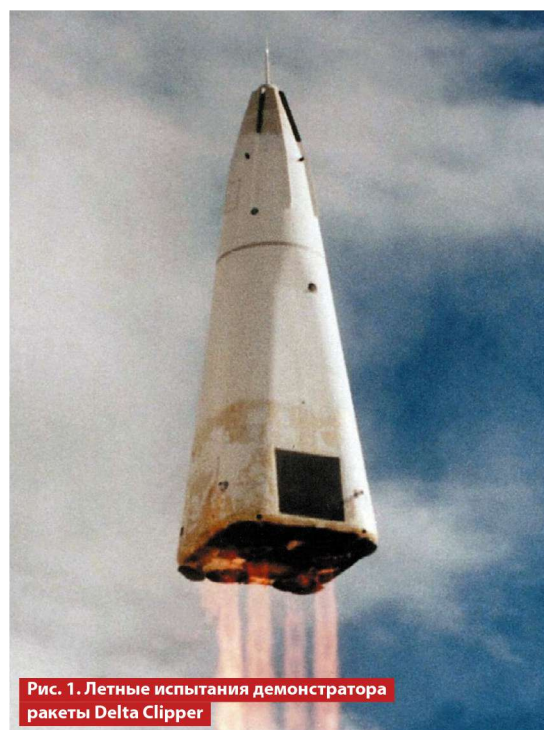


Рис. 1. Летные испытания демонстратора ракеты Delta Clipper

торов из-за технических сложностей и сильного перерасхода заявленного бюджета.

Только технологии начала XXI века позволили совершить прорыв в том, что касается средств выведения с повторным использованием ключевых компонентов. На фоне зашкаливающей стоимости ракет компаний Boeing и Lockheed Martin, ставшей слишком обременительной для бюджета США, появились космические перевозчики с новой философией. Среди них выделялась SpaceX, которая предложила пойти нетрадиционным путем и показала миру возможности использования многоразовых ракет.

Технические новшества SpaceX не только явили миру эффектное зрелище возвращаемой первой ступени, но и толкнули рынок к его кардинальной перестройке. Ведь забрав себе значительную долю пусков, SpaceX лишила дохода многие компании. Это было бы не так страшно при условии увеличения общего количества пусков. В таком случае растущий рынок загрузил бы заказами все компании. Но пока эти надежды не оправдываются, так как даже при кратном снижении стоимости количество пусков сильно не меняется.

## ВETERАНЫ ОТСТАЮТ

Громадные компании и целые отрасли экономики нельзя быстро перестроить. В США это понимают, и борьба SpaceX с Boeing и Lockheed Martin, в том числе за государственные заказы, служит тому ярким примером. Конкурировать на коммерческом рынке «ветеранам» тяжело, но передать все правительственные заказы SpaceX тоже нельзя. Стоимость пуска Falcon 9 на рынке составляет 62 млн долл. (более того, из-за сильной конкуренции с Россией, Евросоюзом и Индией SpaceX вводит новые нишевые предложения (например, Rideshare), а иногда и откровенно демпингует, перехватывая контракты).

А миссии для правительственных организаций (к которым SpaceX допускают), выполняемые через государственные тендеры, проводятся уже за цену, близкую к стоимости пуска Delta IV и Atlas V (150 млн долл.). Мотив понятен: из-за высокой цены своих изделий Boeing и Lockheed Martin не могут участвовать в этих тендерах с существенно меньшей стоимостью.

Тем не менее, создав возвращаемую ступень, SpaceX задала вектор развития космиче-

ской отрасли. И США дает своим гигантам индустрии время догнать возмутителя спокойствия. А вот когда они перестроят свою бизнес-модель (и, возможно, улучшат технологии SpaceX), то стоимость пуска в среднем опустится до уровня цен Falcon 9 или даже ниже. А это приведет к новому витку конкурентной борьбы.

Подытоживая, можно сделать ряд выводов:

- Создать ракеты с высокой степенью повторного использования ключевых элементов при существующих технологиях возможно. Однако для государства это создает парадоксальную ситуацию: на одной чаше весов громадные перспективы, на другой – оптимизация и перестройка отрасли (которую в США, судя по всему, начали).

- Компании SpaceX понадобилось около десяти лет, чтобы сделать возвращаемую ступень. Вероятно, аэрокосмическим гигантам потребуется примерно столько же времени для повторения результатов и перестройки своей бизнес-модели (возможно, немного быстрее, так как «дорожка» уже протоптана).

## ПОЧЕМ КИЛОГРАММ?

Для лучшего понимания процессов эволюции в ракетной технике целесообразно ввести понятия поколений ракет космического назначения (по



Посадка на сушу первой ступени ракеты Falcon 9R

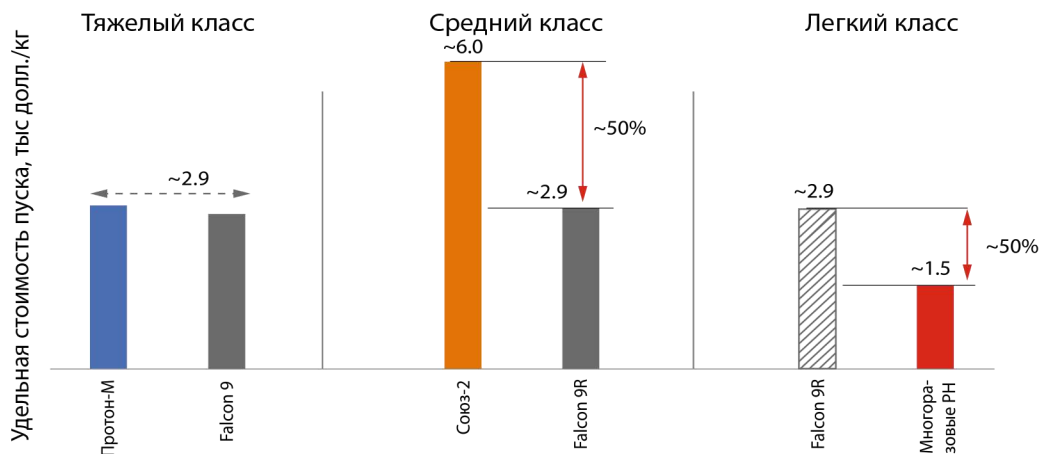


Рис. 2. Сравнение удельной стоимости выведения полезной нагрузки для ракет-носителей разных поколений

класса (по стартовой массе) переходит в носитель «промежуточного» и среднего класса.

В случае если описанные выше экономические закономерности сохраняются, то первые модификации полностью многоразовых носителей третьего поколения должны иметь удельную стоимость пуска на уровне около 1.5 тыс. долл. за 1 кг полезной нагрузки на низкой околоземной орбите (рис. 2).

Если сопоставить стои-

мость пусков в тяжелом классе с их числом, то прослеживается следующая тенденция: в конце 1990-х на коммерческом рынке тяжелых носителей доминировала Ariane 5 с ценой за пуск более 150 млн долл. В начале 2000-х на рынок вышли ракеты «Протон» и «Зенит» (в том числе с комплексом «Морской старт») с ценой в 1.5 раза меньше. При этом общее количество мировых пусков в тяжелом классе если и выросло, то незначительно.

После 2015 г. была введена в строй частично многоразовая ракета Falcon 9 с ценой пуска в 45–62 млн долл. При этом общее число пусков также не претерпело существенных изменений (если не считать запуск спутников группировки Starlink той же компании SpaceX).

Тем самым можно сделать вывод, что удельная стоимость выведения в ~2900 долл./кг (Falcon 9R при полетах на низкие орбиты) пока остается еще слишком дорогим удовольствием для массового освоения космоса\*. Сомнительно, что и 1500 долл./кг кардинально изменят коммерческий спрос на космос. В этой связи мы не стали бы называть приведенные оценки стоимости целевыми – это, скорее, оценки для первых модификаций ракет многоразового использования.

### МАСТЕРСКАЯ НА ОРБИТЕ

Предположительно, коренного изменения спроса на пуски не произойдет до тех пор, пока рынок не сформирует ценовое предложение, которое откроет для его участников новые интересные возможности. Одной из них может стать разви-

аналогии с военной авиацией). Градация может быть следующей:

Первое поколение – одноразовые ракеты;

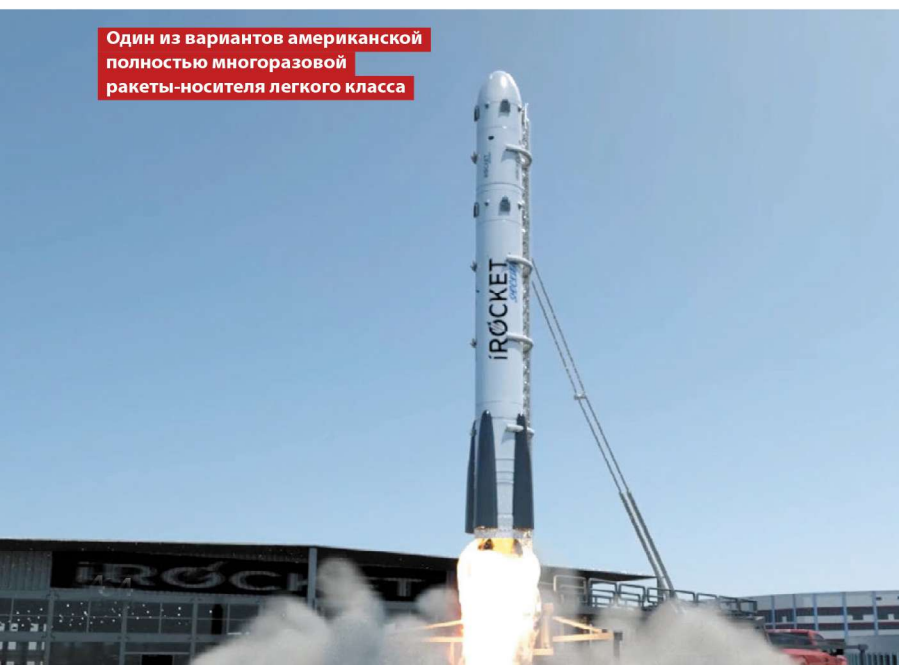
Второе поколение – частично многоразовые ракеты;

Третье поколение – полностью многоразовые ракеты.

При этом для каждого поколения возможны модификации («+», «++» и т.д.). Все существующие одноразовые средства выведения можно смело отнести к первому поколению.

Falcon 9 (R; *Reusable – повторно используемая*) можно отнести ко второму поколению. Экономика этой ракеты в основном строится на том, что применение возвращаемых и повторно используемых элементов (первая ступень и головной обтекатель) позволяет снизить общие затраты на пуск на 30–40%. При этом из-за необходимости упрочнения (и, как следствие, утяжеления), использования топлива для торможения при мягкой посадке и т.п. масса полезной нагрузки, доставляемой на орбиту, снижается. Это приводит к тому, что Falcon 9R из ракеты тяжелого

Один из вариантов американской полностью многоразовой ракеты-носителя легкого класса



\* Понятно, что пока существуют ограничения, связанные с загрузкой носителей, орбитами и т.д.

тие космической логистики, когда вместо производства и запуска дорогостоящих космических аппаратов будет значительно дешевле ремонтировать и заправлять их на орбите, покупать и восстанавливать б/у (или даже отказавшие) спутники прямо в космосе.

По аналогии с традиционным транспортом, это может произойти, когда цена услуг перевозчика составит не более 10% от стоимости перевозимого груза (как это было обозначено в предыдущей статье). Текущий же показатель держится на уровне 50–100% от стоимости спутника\*, если, конечно, не рассматривать дорогие научные космические аппараты. То есть стоимость пуска нужно снижать примерно в 10 раз и параллельно создавать инфраструктуру для обслуживания спутников на орбитах, а также дешевый и безопасный способ возвращения их на Землю.

## НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ

Из-за возможных технических сложностей создать сразу полностью многоразовое средство выведения сложно, и, вероятнее всего, двигаться придется поступательно. Сначала появятся частично многоразовые ракеты с возвращаемыми элементами в среднем или тяжелом классах – здесь основные технические решения уже понятны. Экономически это выгодней, чем двигаться поступательно от легкого и сверхлегкого класса. А вот первые версии полностью многоразовых ракет, наверное, корректней делать именно в легком или сверхлегком классе, отталкиваясь от текущих возможностей отрасли и постепенно отработывая технические решения.

При этом желательно параллельно создавать как частично, так и полностью многоразовые ракеты. Если мы сфокусируем все свое внимание только на первом варианте, то возвращаемая ступень у нас будет ближе к 2030 г. Даже с учетом инерционности космической отрасли, США к этому времени мало того, что перестроят всю свою отрасль, – они смогут уйти в разработках значительно дальше.

При этом важно еще раз подчеркнуть, что задачу создания многоразовых средств выведения необходимо решать вместе с реформированием отраслевых подходов. Например, использовать опыт гражданского машиностроения,



**Проекты многоразовых носителей активно развиваются в Китае**

ния, когда существенная часть бизнеса строится не только вокруг производства новых изделий, но и на обслуживании ранее произведенных. Кроме того, нужно уделить внимание совершенствованию нормативной базы и перестройке бизнес-модели предприятий-изготовителей.

В дальнейшем мы рассмотрим следующие темы:

- необходимость выделения работ по многоразовым системам в отдельную программу;
- варианты оптимальной структуры портфеля вложений в транспортные космические системы для максимально эффективного достижения цели;
- обновленная бизнес-модель изготовителей аппаратов;
- роль межорбитальных буксиров в новой бизнес-модели аппаратов. ■

\* Если сравнивать стоимости космического аппарата и пуска для одних и тех же стран.