



# ДВИГАТЕЛЬ

## НА МИЛЛИОН



**Ракетный двигатель Raptor – ключевая составляющая идеи Илона Маска Interplanetary Transport System, в рамках которой хотят, ни много ни мало, наладить «транспортное сообщение» с Красной планетой. Даже странно, что о новом творении SpaceX так мало говорят.**

▲ Фото: SpaceX  
www.spaceflight101.com

▼ Сравнение размеров



U. S. SPACE SHUTTLE



BIG BAN



САТУРН 5



SPACE ITS-BS

**О** том, что Марс лучше других планет подходит для колонизации, многократно заявляли самые разные ученые. Другой вопрос – какие инструменты лучше всего применить для его освоения? Детальной всего концепцию освоения Марса проработал не кто иной, как Илон Маск – главный инноватор современности (как бы его ни критиковали, так оно и есть де-факто).

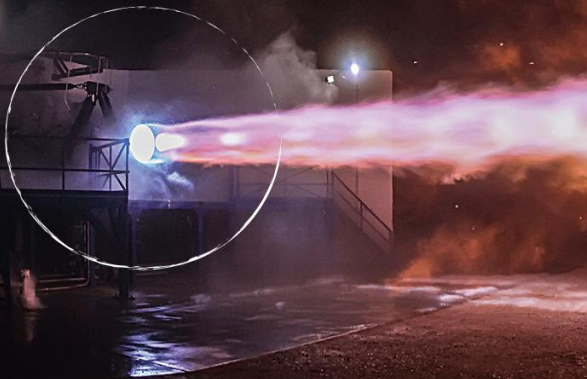
Называется концепция Interplanetary Transport System (ITS), то есть Межпланетная транспортная система. Ничего более грандиозного Маск пока не предлагал. Строго говоря, сама Interplanetary Transport System представлена лишь в качестве ступени на пути к полноценной колонизации Марса. Сам Маск вкладывает в это понятие не просто доставку людей и создание базы, но постройку настоящего города «под куполом» и, в перспективе, переселение на Красную планету около миллиона человек! Здесь уместно вспомнить предложение главы SpaceX сбросить на полюса Марса термоядерные бомбы, чтобы согреть атмосферу планеты и сделать ее более гостеприимной, то есть похожей на Землю.

## **ЕЩЕ НИКОГДА ЗЕМЛЯ НЕ ВИДЕЛА НАСТОЛЬКО ОГРОМНОЙ И МОЩНОЙ РАКЕТЫ**

**ЧТО ЖЕ СОБОЙ ПРЕДСТАВЛЯЕТ ITS?** Это не ракета, не космический корабль и не план поселения на Марсе. Это все вместе. Основа концепции – гигантская ракета-носитель высотой 77,5 м и диаметром 12 м, сухая масса которой по расчетам составит 275 т. Еще никогда Земля не видела настолько огромной и мощной ракеты. Самая большая ракета в истории – американская «Сатурн-5» – выглядит карликом на ее фоне.



▼ Испытания ракетного двигателя Raptor на стенде в МакГрегоре (Техас)  
Фото: SpaceX  
[www.mercurynews.com](http://www.mercurynews.com)



ITS компания SpaceX рассматривает не только как средство доставки людей на Марс, но и, в перспективе, как метод освоения других планет и спутников Солнечной системы, включая спутники газовых гигантов – Сатурна и Юпитера, а также объекты пояса Койпера и облака Оорта. Для этого, правда, придется создать дополнительные топливные «депо» в космосе.

▼ ITS – шаг к колонизации Марса  
Фото: SpaceX  
[www.bostonherald.com](http://www.bostonherald.com)



Не менее значимая роль у перспективного космического корабля, который и будет выводить на орбиту вышеупомянутую ракету. Он тоже превосходит по всем показателям все пилотируемые космические корабли, существовавшие до сего дня. Только одна цифра: по расчетам, творение Маска сможет доставить на Марс до сотни колонистов за один раз.

**ЕСТЬ РЯД ОБЩИХ МОМЕНТОВ**, которые объединяют и ракету, и космический корабль. Во-первых – многоразовость, так полюбившаяся компании SpaceX. Ракету планируется использовать до 1000 раз. Садиться она будет вертикально, подобно тому, как сейчас совершает посадку первая ступень Falcon 9. Корабль можно будет использовать повторно до 12 раз, что тоже весьма неплохо.

**НО ЕСТЬ И ЕЩЕ ОДНА** важная особенность, которая объединяет и ракету, и корабль, созданные в рамках инициативы Interplanetary Transport System. Это Raptor, принципиально новый метановый ракетный двигатель. На ракете таких хотя и установят целых 42! На космическом корабле установят девять: три в центре (их будут использовать при посадке) и еще шесть по окружности. Последние получают увеличенное сопло для наиболее эффективной работы в условиях вакуума. Чем же этот перспективный двигатель лучше остальных?

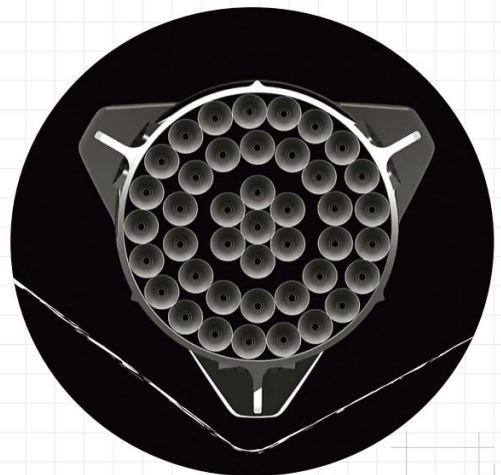
▶ Raptor  
[www.astronautika.lt](http://www.astronautika.lt)



**ДЛЯ НАЧАЛА ЗАМЕТИМ**, что у SpaceX уже есть опыт создания ракетных двигателей: достаточно вспомнить Merlin 1D+ и Merlin 1D+ Vacuum, которые работают на Falcon 9. Кстати, не стоит путать их с «Раптором». Это принципиально разные изделия с разными концепциями. «Мерлин» использует для работы пару «керосин (топливо) и жидкий кислород (окислитель)». При разработке Raptor в SpaceX пошли другим путем. Этот криогенный двигатель работает на жидком метане ( $\text{CH}_4$ ) и жидком кислороде (LOX). В самом начале хотели взять в качестве топлива жидкий водород, а не метан, но потом от этого подхода отказались. Дело в том, что водород агрессивней себя ведет по отношению к материалам, применимым в ракетостроении. Впрочем, это лишь одно преимущество пары  $\text{CH}_4/\text{LOX}$ . Есть и другие.



## ПРИ РАЗРАБОТКЕ RAPTOR В SPACEX ПОШЛИ ДРУГИМ ПУТЕМ



– Пару «жидкий метан/жидкий кислород» характеризует довольно высокая плотность, которая равна  $0,82 \text{ г/см}^3$ . Это упростило инженерам SpaceX проектировку баков и всего корабля.

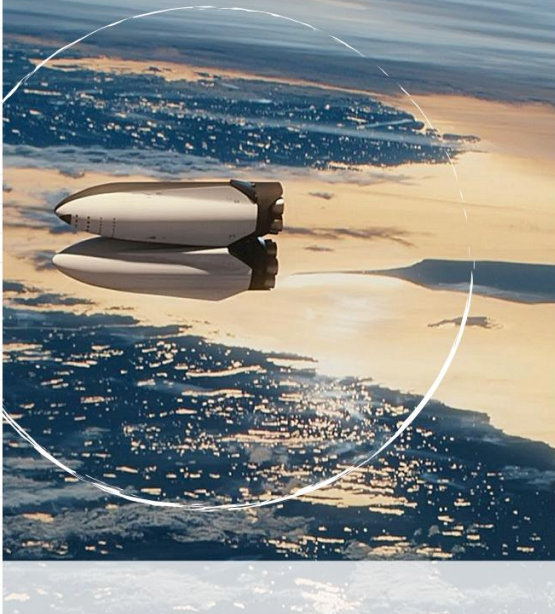
– Применение жидкого метана в качестве топлива позволит снизить количество сажи, образующейся в двигателях ракеты и корабля. *Это снижает затраты на предстартовую подготовку, а также повышает надежность двигателя.*

– Жидкий метан удобен в качестве криогенного компонента топливной пары. *Его температура в жидком состоянии составляет  $-161 \text{ }^\circ\text{C}$  – этого достаточно для охлаждения двигателя. Причем здесь нет таких критических трудностей, как в случае с жидким водородом, температура которого равна  $-253 \text{ }^\circ\text{C}$ .*

– *Метан дешев и доступен.* К тому же Маск предложил добывать его на Красной планете, и это критически важно для всего проекта Interplanetary Transport System. К счастью, на поверхности Марса давно выявили метан в очень высокой концентрации.

Кроме ракеты-носителя и межпланетного космического корабля, важная составляющая концепции ITS – корабль-заправщик, созданный на базе пилотируемого космического корабля. Он будет заправлять челнок по мере его движения к Марсу. За один раз заправщик сможет доставить до 380 т топлива.

▼ Концепция должна собрать в себе все наработки SpaceX  
 Фото: SpaceX  
[www.observer.com](http://www.observer.com)



**В ЦЕЛОМ SPACEX** выбрала потенциально удачную «топливную стратегию». Но этим инновации не ограничиваются. Не менее важно другое – Raptor должен стать первым в мире жидкостным ракетным двигателем с полнопоточным закрытым циклом. А это, между прочим, самый эффективный закрытый цикл в двигателестроении.

Самим по себе закрытым циклом никого не удивишь. Именно его, например, исполь-

зовали на двигателях «Спейс шаттла» RS-25, а также в ряде отечественных двигателей, в частности, РД-180. Жидкостный ракетный двигатель замкнутой схемы – это двигатель, который выполнен по схеме с дожиганием генераторного газа. То есть один из компонентов газифицируется в газогенераторе за счет сжигания при небольшой температуре с незначительной частью другого компонента. Получаемый горячий газ используется в качестве рабочего тела турбины турбонасосного агрегата (ТНА). После этого сработавший на турбине генераторный газ подается в камеру сгорания двигателя, куда также поступает оставшаяся часть неиспользованного компонента топлива. В камере сгорания происходит завершение сжигания компонентов и создается реактивная тяга.

«РАПТОР» – ЭТО УЖЕ СЛЕДУЮЩИЙ уровень закрытого цикла. У него замкнутая схема с полной газификацией компонентов. В этом случае происходит газификация всего топлива в двух газогенераторах. В одном из них незначительная часть горючего сжигается с практически полным расходом окислителя, а в другом – почти полный расход горючего сжигается с оставшейся частью окислителя.

У такого «продвинутого» двигателя есть свои преимущества. Он имеет более высокий, по сравнению с остальными, удельный импульс, более надежен и демонстрирует лучшие показатели пожаробезопасности. При всей своей технологичности «Рaptor», по сути, не является чем-то революционным. Такую же схему применяли советские инженеры в 60-е годы на двигателе РД-270. Его хотели использовать для советской ракеты УР-700: «лунная» гонка между США и СССР была в самом разгаре, и для достижения победы годилось все, что есть под рукой. Проект УР-700 в целом оказался неудачным и был закрыт. Вместе с ним канул в Лету и РД-270.

**МОЖЕТ ПОКАЗАТЬСЯ**, что СССР обогнал США более чем на полвека, но это не так. Во-первых, РД-270 использовал в качестве топлива токсичный гептил, а не метан. Во-вторых, творение советских инженеров не было экономичным. Замкнутая схема с полной газификацией компонентов – «игрушка»



очень дорогая. Это касается и разработки, и испытаний, и эксплуатации. А советские ракеты, как, впрочем, и американские аналоги, не возвращались обратно на Землю, а сгорали после запуска. Вместе с ними сгорали и самые дорогие компоненты, в частности – двигатели. Но, как мы уже говорили, концепция ITS подразумевает многоразовое использование двигателей (они будут возвращаться на Землю вместе с ракетами и кораблями). В этом случае применение описанной схемы может быть оправдано. А еще при полномасштабном серийном выпуске «Рапторов» его цена может значительно снизиться.

**НЕСМОТЯ НА ЛЮБОВЬ** к презентациям, SpaceX мало рассказала о новом творении. И многие аспекты инженером Маска только предстоит продумать. Может быть, в ближайшие годы мы увидим более детальную схему работы «Раптора».

## **НИКТО ГАРАНТИЙ ДАТЬ НЕ МОЖЕТ: СЛИШКОМ УЖ СЛОЖНА И ДОРОГА СИСТЕМА ПОЛЕТА НА МАРС**

У нового двигателя SpaceX много особенностей, характерных для двигателей прошлых эпох. Его турбонасосный агрегат (ТНА) располагается соосно оси сопла и находится напротив камеры сгорания. Сопло «Раптора» имеет уже устоявшуюся типичную конструкцию. От насоса к соплу протянулась изогнутая магистраль, подходящая к коллектору, который расположен в начале расширяющейся части сопла. Посредством коллектора жидкий метан попадает в охлаждающие каналы и разделяется на два направления – условно вверх и вниз. Жидкость, которая пошла вниз, возвращается по соседнему каналу и направляется в сторону форсуночной головки (эту схему также называют петлевой (полупетлевой) схемой охлаждения). При этом поток, который от коллектора пошел вверх, смешивается с тем, который пришел из нижней части сопла, и направляется охлаждать минимальное сечение сопла, являющееся самым теплонпряженным местом камеры.

Будущее двигателя Raptor пока не определено. На пути реализации идеи могут встать самые разные проблемы, как финансовые, так и технологические. Однако Илон Маск – не только человек слова, но и человек дела. За его плечами как минимум одна космическая революция – начало эры многоразовых космических ракет. Именно он построил грузовой космический корабль Dragon, который эксплуатируют успешно и довольно давно. Сейчас Dragon является единственным в мире космическим «грузовиком», который может возвращаться обратно на Землю.

Что мы имеем по ITS? Здесь, конечно, никто гарантий дать не может: слишком уж сложна и дорога система полета на Марс. Маск, между тем, уверенно двигается к ее реализации. Еще в 2016 году SpaceX испытала огромный топливный бак для системы, подкрепив успех фотографиями нового изделия. «Удачно прошли два испытания под давлением – следующим шагом будет полное криотестирование», – заявила тогда SpaceX в своем Твиттере.

Работы по новому двигателю «Раптор» также идут полным ходом. Осенью 2016 года SpaceX провела успешные огневые испытания. Жаль, детальных характеристик изделия нам тогда не сообщили. Сейчас разработчики говорят, что его тяга составит 3МН, но нельзя исключать, что к моменту серийного выпуска этот показатель изменится.

Косвенно в пользу серьезности разработки «Раптора» свидетельствует интерес к нему со стороны американских ВВС. И даже если гигантский «марсианский» корабль никогда не увидит свет, мы, вероятно, сможем наблюдать метановый двигатель на ракете Falcon 9 – к слову, самой востребованной тяжелой ракете на современном рынке ракетно-космических запусков.

**НЕЛЬЗЯ ИСКЛЮЧАТЬ** и абстрактный третий вариант, при котором «Раптор» не найдет своего воплощения ни на большой «марсианской» ракете, ни на Falcon 9. И это тоже не станет трагедией, учитывая интерес Маска к новым технологиям. Нарботки вполне могут лечь в основу некоего нового изделия, которое точно станет оружием покорения Марса. В современном мире удачные новые технологии редко исчезают «в никуда». ■