

Уроки Старшипа: второй полет сверхтяжелой ракеты SpaceX



Американская сверхтяжелая ракета снова взорвалась вскоре после запуска - такими новостями пестрят страницы новостных изданий после вчерашнего второго испытания космолета Super Heavy/Starship. Напомним, что первое испытание космолета SpaceX в апреле 2022 года также было неудачным. После триумфа китайской ZQ-2, которая первая в новом классе метановых ракет вышла на орбиту Земли, американские потуги в космосе выглядят для стороннего наблюдателя, как сплошная череда аварий. Действительно ли этот так и американская ракетная космическая программа входит в тупик, лишившись поддержки со стороны России? Давайте разберем произошедшую аварию и поймем, какие уроки из нее можно извлечь.

Ракета Королева Н-1 и ракета Маска Super Heavy/Starship

Новейшая американская ракета-носитель Super Heavy/Starship имеет много общего со сверхтяжелой ракетой-носителем (РН), создававшейся в 60-х годах XX века под руководством советского космического гения С.П.Королева. Общие черты - нацеленность на исследование Марса, применение углеводородного горючего, сборка РН сваркой на стартовой площадке, последовательная компоновка с горячим разделением ступеней и большое число высоконапряженных ракетных двигателей (РД) на первой ступени.

Конечно, между ракетами XX и XXI века есть важные различия, обусловленные развитием ракетной техники - об этом можно прочитать в нашем аналитическом материале 2020 года "Полеты звездных кораблей в Бока-Чика". Да сами РН Н-1 и Super Heavy/Starship внешне отличаются друг от друга (на рисунке есть еще одна проектируемая ракета - New Glenn, но ее не стоит принимать во внимание, поскольку она не готова). Главное в том, что только две эти ракеты имеют аналогичные конструктивные решения, и других подобных им космических ракет не существует.



РН Н-1, New Glen и Super Heavy/Starship

Королев не дожид до запуска своей марсианской ракеты (он ушел в 1966 году). А его ракета Н-1 испытывалась уже не в марсианском, а в лунном варианте Н-1 ЛЗ под руководством В.П.Мишина. Все четыре испытательных запуска Н-1 ЛЗ оказались неудачными на этапе работы первой ступени, поскольку разработчики не обеспечили согласованную и безаварийную работу тридцати экспериментальных РД НК-15. Проект Королева был объявлен неудачным и дальнейшее развитие ракетно-космической техники пошло по пути создания космолетов, подобных американским шаттлам. Эта драматическая история описана в нашей статье:

Космические гонки XX и XXI века, часть 2: несбывшаяся мечта Королева

И вот, через полвека после административного закрытия программы Н-1 ЛЗ Илон Маск снова испытывает "запрещенную" ракету с десятками РД на первой ступени. Надо сказать, что первый запуск Super Heavy/Starship в апреле 2023 года вполне подтвердил правоту критиков концепции Королева-Маска. Ракета SpaceX буквально "сыпалась" в полете - на ней отказало 8 из 33 РД первой ступени, и она даже не достигла той высоты, до которой долетала Н-1 ЛЗ. А построенный Маском стартовый стол был полностью разрушен. Подробный разбор этого во всех отношениях неудачного полета и математический прогноз на будущее содержится в нашем обзоре:

Суперхэви-Старшип штурмует ближний космос

Маск не сдался и после доработок конструкции запустил свою любимую ракету во второй раз.

Второй испытательный полет Суперхэви / Старшип

18 ноября 2023 года ракета массой 5000 тонн была установлена на стартовой площадке космодрома Starbase и заправлена топливом - жидким метаном и жидким кислородом. Старт был дан рано утром, в 8 часов по местному времени EST (GMT-5). Распугав местных обитателей и заполнив дымом окрестности стартовой площадки, ракета ушла вверх.

Полет первой ступени Super Heavy

Основной целью второго запуска Super Heavy/Starship было пройти, наконец, активный участок первой ступени Super Heavy. И он прошел на удивление безупречно - все 33 ракетных двигателя Raptor отработали без отказов и отключений! В конце активного участка на отметке 2:39 остались работать только три центральных двигателя Суперхэви, а в 2:41 были включены все шесть РД Старшипа, и вскоре прошло разделение ступеней. Высота над уровнем Земли составила около 70 км.



Полет Super Heavy B9/Starship S25

После отделения второй ступени Starship первая ступень продолжила работу, отрабатывая возвращение на космодром. Ее посадка не была предусмотрена, но была предпринята попытка повторно запустить РД Raptor среднего кольца (этих двигателей 10, есть еще 20 РД на внешнем кольце, которые запускаются только на старте). Повторный запуск РД не получился, ни один двигатель не вышел на режим, после чего в отеке ДУ (двигательной

установки) начались возгорания. Была введена в действие система автоматического прекращения полета.

Первая ступень Super Heavy по проекту является многоразовой. После выполнения своей задачи она возвращается на космодром, для чего ее двигатели включаются повторно на остатках ракетного топлива в баках.

Для любого автомобилиста само собой разумеется, что машина должна вернуться на базу после доставки груза. А теперь представьте себе автомобиль, который заводится только один раз для поездки вперед, а чтобы поехать обратно, его уже завести нельзя - именно так работают все ракеты космического назначения, кроме ракет SpaceX.

В качестве возможной причины отказа при повторном включении ракетных двигателей было отмечено отрицательное ускорение Super Heavy во время горячего разделения ступеней, которое нарушило работу системы подачи топлива.

Полет второй ступени Starship

Вторая орбитальная ступень - Starship после разделения отработала большую часть своего активного участка, но на высоте 148 км и скорости 24121 км/час (около 6.7 км/с, на 1.2 км/с меньше первой космической скорости) произошла аномалия. На отметке 8:05, за 28 секунд до планового отключения РД, сигнал с космолета был потерян. Его обломки упали в Атлантический океан недалеко от Багамских островов.

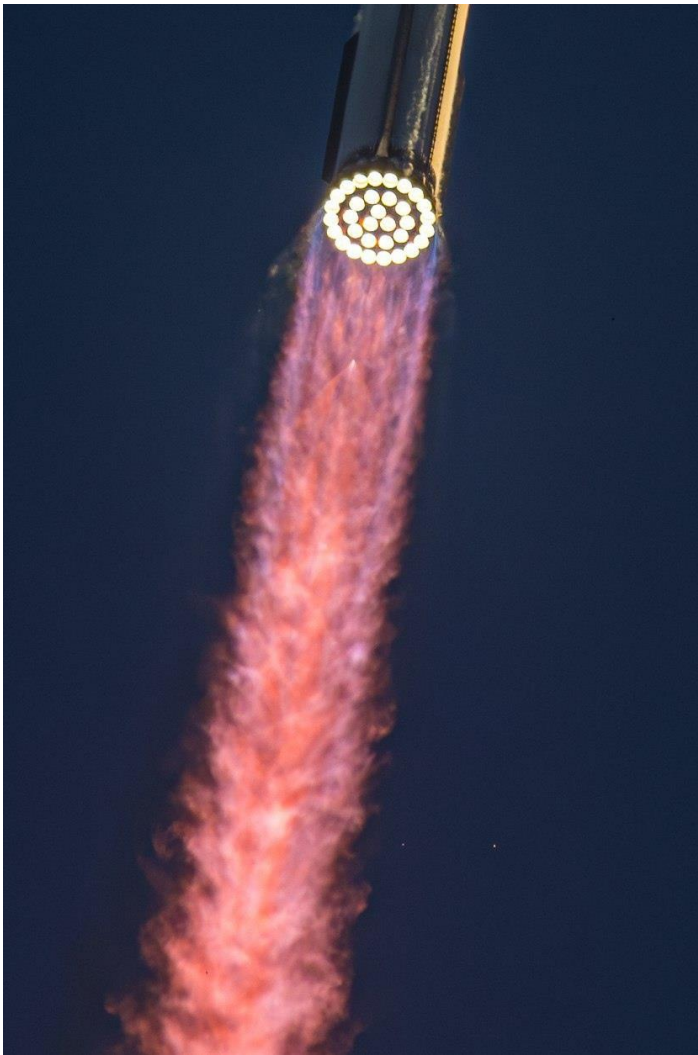
Напомним, что по плану испытательных полетов Старшип должен пролететь два океана - Атлантический, Индийский и приводниться в Тихом океане около Гавайских островов. Так что недолет составил намного более половины окружности Земли.

Наиболее вероятной причиной аварии Старшипа считается отказ одного из шести его ракетных двигателей, которые должны были отработать около шести минут - в 2.5 раза дольше, чем на Суперхэви. По другой версии, космолет получил повреждения во время разделения ступеней, которое привело к утечке топлива из бака окислителя. А официальная версия пока состоит в том, что автоматическая система аварийного прекращения полета активировалась из-за потери связи.

Значение второго запуска Суперхэви / Старшип

Полет сверхтяжелой метановой ракеты завершился неудачей на этапе работы второй ступени, что довольно часто случается при испытаниях новой космической техники. Но стоит обратить внимание на безупречную работу первой ступени, чего не удалось добиться 50 лет тому назад во время испытаний Н-1.

Мы не случайно сравниваем испытания Super Heavy/Starship и Н-1. Второй полет Суперхэви / Старшипа повторил вероятный сценарий пятого полета РН Н-1 ЛЗ, во время которого планировалось выйти на штатную работу первой ступени с новыми ракетными двигателями НК-33 многократного включения. Но уже собранную и готовую к старту ракету (изделие 8Л) уничтожили на земле - только ракетные двигатели с нее удалось сохранить для будущих запусков ракет-носителей Союз-2.1в.



Ракетные двигатели Raptor в полете Super Heavy B9

Технический прорыв второго полета Super Heavy/Starship состоит в осуществлении того, что раньше не удавалось сделать - создать первую ступень сверхтяжелой ракеты с невероятно высокой энергетикой. Благодаря принятым мерам уцелел и стартовый стол ("табуретка"), который был восстановлен после первого запуска Super Heavy.

Что касается аварий верхней ступени, то, как показывает опыт испытаний космической техники, их причины обычно устраняются уже в следующем полете, так что на этой временной неудаче не стоит акцентировать внимание. Уже весной 2024 года можно ожидать проведения успешного орбитального теста Старшипа, во время которого он выполнит запланированную программу полета вокруг Земли до Гавайев.

Момент истины для Super Heavy/Starship теперь перемещается из технической в экономическую плоскость. Чтобы обеспечить конкурентоспособность сверхтяжелой ракеты, требуется обеспечить возвращение ее первой ступени Super Heavy на Землю для повторного использования. Это задача далеко не так проста, как кажется по успешным операциям возвращения первых ступеней ракет Falcon 9 и Falcon Heavy. Метановые РД Raptor намного сложнее и капризнее РД Merlin "Фалкона", которые по своей конструкции относятся к прошлому веку ракетной техники. В отличие от привычных успешных посадок "Фалконов", до сих пор только одна попытка посадки на "Рапторе" завершилась удачно:

Полет "Старшипа" к Марсу с возвращением на десятом километре

Решить задачу возвращения Super Heavy необходимо, чтобы обеспечить с ее помощью вывод десятков тысяч спутников системы космической связи Starlink. А также Маск намерен обеспечить многократное использование второй ступени Starship, комбинируя "шаттловские" и "фалконовские" технологии.

Илон Маск подтвердил, что следующий испытательный полет Super Heavy/Starship уже подготовлен и может состояться хоть через 3-4 недели. Но с учетом согласований и исправления вероятных замечаний со стороны контролирующих организаций подготовка полета может занять около трех месяцев. В ангаре космодрома сейчас находится три корабля в завершающей стадии производства.

Экономика частного космоса против расточительности государственной бюрократии

Что мы получим, если концепция Super Heavy/Starship докажет свою экономическую состоятельность? Невероятные возможности в выведении полезных нагрузок на околоземные орбиты и осуществлении дальних пилотируемых полетов! Задача столь же заманчивая, сколь амбициозная. Ведь после того, как в 70-80 годах развитие космической техники повернуло по пути создано "шаттлов", оно зашло в тупик. "Шаттлы" оказались слишком дорогими и опасными, не выдержав конкуренцию с советскими ракетами-носителями 60-годов XX века. Сейчас последним рудиментом той эпохи является непомерно дорогая и запоздавшая во времени американская PH SLS.

Частная компания SpaceX делает того, что невозможно совершить в рамках забюрократизированного государственного космоса - она возвращает ракетную технику на оперативный простор, по которому шло ее развитие во времена С.П.Королева. Его сверхтяжелая ракета Н-1, будь она успешно испытана, могла бы обеспечить СССР позиции хозяина ближнего и дальнего космоса - именно эту роль сейчас примеривает на себя Илон Маск в своих далеко идущих космических планах.