Марсианская контрреволюция или переход к цивилизации II типа

Ю. И. Лобановский

Краткое содержание

В работе показаны глубинные причины происходящей в настоящее время «Марсианской контрреволюции» – замены широковещательных планов компании SpaceX и ее главы – И. Маска от создания «миллионного города на Марсе» к «постоянной человеческой базе на Луне» и/или запуску на околоземные орбиты «миллионов дата-центров» (которые уже стали превращаться в «десятки тысяч») для развития искусственного интеллекта с помощью системы Starship. По существу причиной этой контрреволюции является неспособность компании SpaceX, израсходовав в разумные сроки сколько-нибудь приемлемые ресурсы, создать версию системы Starship, которая хоть как-то могла бы отвечать требованиям, необходимым для реализации всех анонсированных компанией программ. И это было вызвано тем, что SpaceX в борьбе с главной причиной всех ее текущих проблем – автоколебаниями типа «пого», избрала стратегию сокрытия самого существования этих явлений, которые по объективным причинам стали неотъемлемым атрибутом таких многоразовых ракетных систем. Более того, желание компании использовать не разработанную в 2023 году интегральную теорию «пого», а только одно весьма полезное для нее следствие из теории, приводит к множественным взрывам ступеней системы Starship во время бесконечных летных испытаний.

В итоге такая стратегия разработки многоразовой ракетной транспортной системы Starship имеет очень высокие шансы завершиться провалом, и тогда все невероятно амбициозные планы компании SpaceX под лозунгом Марсианской контрреволюции должны завершиться тем же, чем в последние месяцы завершилась «Марсианская революция», то есть очевидным и безоговорочным крахом.

Ключевые слова: *Марс, Луна, орбитальный дата-центр, ИИ, нейросеть, Starship, «пого», авария*

I. Начало: Марсианская революция

По общему мнению, сакральной целью главы компании SpaceX И. Маска, по крайней мере, с момента ее основания, то есть с 2002 года, был Марс. К 2016 году после 14 лет деятельности появилась первая в истории частично многоразовая ракета-носитель Falcon 9 (Сокол 9), являющая в настоящее время «рабочей лошадкой», которая в 2025 году вывела на околоземную орбиту ~ 82.5 % массы всех мировых полезных нагрузок [1]. Таким образом, SpaceX продемонстрировала свою способность реализовывать космические программы, которые казались невозможными другим игрокам рынка пусковых услуг. С этого же времени стала развертываться программа Starlink – началось создание глобальной системы из ~ 30 тысяч низкоорбитальных спутников для обеспечения доступа к высокоскоростному широкополосному спутниковому интернету. Сейчас (когда этих спутников стало около 10 тысяч) Starlink приносит SpaceX значительную прибыль, что было бы невозможно без ракеты Falcon 9 [2].

И вот, в сентябре 2016 года И. Маск на 67-м Международном астронавтическом конгрессе выступил с презентацией «Как сделать человечество мультипланетарным видом» [3], в которой заявил о том, что на Марсе должна быть создана «полностью автономная и генетически разнообразная колония численностью не менее 1 миллиона человек». Это, по его мнению, позволило бы значительно повысить вероятность выживания человечества в будущем. Средством для этого должна была стать многоразовая транспортная ракетная система ITS – Interplanetary Transport System «грузоподъемностью до 550 тонн полезной нагрузки на околоземную орбиту в одноразовом варианте и 300 тонн в многоразовом» при стартовой массе около 10 тысяч тонн. Предполагалось, что она будет работать на метане и кислороде, которые можно будет производить и на Марсе, а ее конструкция, в основном, будет выполнена из углепластика. По существу, в этом докладе была провозглашена Марсианская революция. И по смелости и необычности на тот момент высказанных в нем идей его можно было бы сопоставить с провозглашенными почти ровно за 100 лет до этого Апрельскими тезисами 1917 года вернувшегося в Россию из эмиграции В. И. Ленина, полгода спустя ставшего главой российского правительства и изменившего весь ход Русской революции [4].

Уже в 2017 году проект эволюционировал до ракеты BFR – Big Falcon Rocket (Большой Сокол), примерно, вдвое меньшей стартовой массы, которая могла бы использоваться и для запусков на околоземную орбиту коммерческой полезной нагрузки, и таким образом, дать возможность финансирования Марсианского проекта. Еще через год, в ноябре 2018 года И. Маск объявил о переименовании BFR в Starship [5], и проект ракетной системы был снова кардинально пересмотрен – основным конструкционным материалом стала нержавеющая сталь. Выводимая на низкую околоземную орбиту полезная нагрузка также должна была быть примерно вдвое меньшей – 250 т и 150 т соответственно [6]. В январе 2020 года было заявлено о намерении отправить миллион колонистов на Марс к 2050 году. Для этого планировалось построить флот из 1000 кораблей Starship, запускаемых по 3 в день в течение пускового периода, и способных отправить на Марс около 100 мегатонн грузов или до 100 000 человек за один синодический период [7]. К тому времени уже начали строиться прототипы этих кораблей для тестовых подлетных

испытаний, при этом первый пилотируемый полет на Марс корабля Starship планировался на 2026, то есть на текущий, год [8].

Отметим, что для запуска ~ 1000 кораблей по 3 в день потребуется около 11 месяцев, а окно пусков при длительности перелета к Марсу 6 – 9 месяцев не превышает 2 месяцев. Даже при снижении времени перелета до трех месяцев за счет существенно бóльших энергетических затрат (о чем сообщал в своих постах И. Маск), и соответствующего увеличения времени перелета за счет подлета к Марсу при втором пресечении его орбиты (в первом случае пусковую кампанию можно было бы заканчивать позднее, а во втором – начинать раньше), вряд ли можно расширить окно пусков хотя бы до полугода. Так что подобные графики полетов к Марсу просто противоречат элементарным расчетам, но это компанию SpaceX совершенно не смутило. Видимо, перед этими громким заявлениями там никто таких расчетов не делал.

II. Основные итоги летных испытаний транспортной системы Starship и ее элементов к завершению их первого, шестилетнего цикла

Итак, около 6 лет назад начались летные испытания прототипов корабля Starship (за год до этого происходили подскоки технологического макета под названием Starhopper, которые мы не будем включать в цикл испытаний полноценной системы и ее элементов). Вследствие того, что разработка системы Starship происходит в соответствии с гибкой – эджайл (Agile) методологией, где главным принципом является быстрое прототипирование, при котором возможный на данный момент и не слишком глубоко проработанный экземпляр конечного продукта испытывают, получают данные (в ракетной технике, обычно, после его потери) и модернизируют по результатам испытания. Затем его снова испытывают и модернизируют, и так до получения конечного продукта, удовлетворяющего разработчика и/или заказчика, или прекращения проекта. Так как, по необходимости, летные испытания таких крупных систем в западном мире происходят публично, внешний наблюдатель способен, до некоторой степени, «держать руку на пульсе», независимо анализируя основные процессы, имея при этом довольно полное представление о ходе разработки системы в целом, и, как это ни казалось бы невозможным, даже влияя на него.

a. Этап подскоков

Почти 6 лет назад, в августе 2020 года первый прототип корабля Starship SN5 с одним (вместо 6 по штату) ракетным двигателем Raptor и без обтекателя и крыльевых поверхностей (то, есть, по существу, сборка баков, топливной системы и двигателя вместе с системой управления), который, наконец, смог без взрывов и разрушений дойти до готовности к пуску, совершил первый успешный подскок на 150 м. Через месяц то же успешно повторил Starship SN6. Затем, с декабря 2020 года по май 2021 года 5 трехдвигательных прототипов SN8 – SN11 и SN15, отличавшиеся разными вариантами топливной системы, совершали полеты на высоту ~ 12.5 км с маневрами активного разворота и вертикальной посадки, из которых достаточно успешно завершился только последний, пятый [9]. По результатам этих полетов была определена конструкция топливной системы корабля Starship.

b. Полеты первой версии системы Starship

Наконец, уже более трех лет назад, 20 апреля 2023 годы был произведен первый пуск полной системы Starship так называемой версии V1 (или Block 1) в составе бустера (первой ступени) Super Heavy B7 и корабля (второй ступени) Ship S24. В этих полетах стали использоваться более мощные и легкие двигатели Raptor-2, которые (как и их последующая модификация Raptor-3) по схеме работы и характеристикам можно считать наиболее совершенными современными ракетными двигателями.

В соответствии с практикой компании SpaceX запуск был показан в прямом эфире в режиме реального времени, причем на экране непрерывно демонстрировались и некоторые летные данные ракетной системы, в том числе – скорость полета. После успешного отрыва от стартового стола, который, однако, при этом был частично разрушен, полет ракеты сопровождался множественными отказами двигателей, взрывами и пожаром в двигательном отсеке, и, в конце концов, потерей связи и управления. К исходу второй минуты полета вся первая ступень ракеты оказалась охвачена огнем, а ракета в этот момент начала совершать маневр на кабрирование, который, в итоге, перешел в кувырок, представлявший собой полноценное сальто, а затем она вошла в неуправляемое вращение, и была подорвана [10].

При этом, наиболее интересной и, по-видимому, никогда ранее не встречавшейся в ракетостроительной практике особенностью это полета было то, что система Starship на всем участке траектории, где происходил ее управляемый полет, испытывала очень резкие колебания продольного ускорения с периодом около 12 секунд (ускорение определялось через дифференцирование скорости, показываемой на экране). Они выражались в виде, по крайней мере, 10 пар узких пиков сначала резкого падения ускорения системы Starship почти до 0, а затем очень резкого его роста. При внимательно наблюдении эти колебания были видны практически невооруженным глазом при просмотре видео полета, а при анализе графика ускорения системы они просто «режут глаз», см. специфическую, подобную кардиограмме, линию продольного ускорения ракеты на рис. 1 [11]. Здесь видно 10 четко выявляющихся и периодически повторяющихся

двойных разнонаправленных пиков ускорения (суперспайков), причем на последнем суперспайке траектория срывается, и система Starship переходит к беспорядочным кульбитам с вращениями.

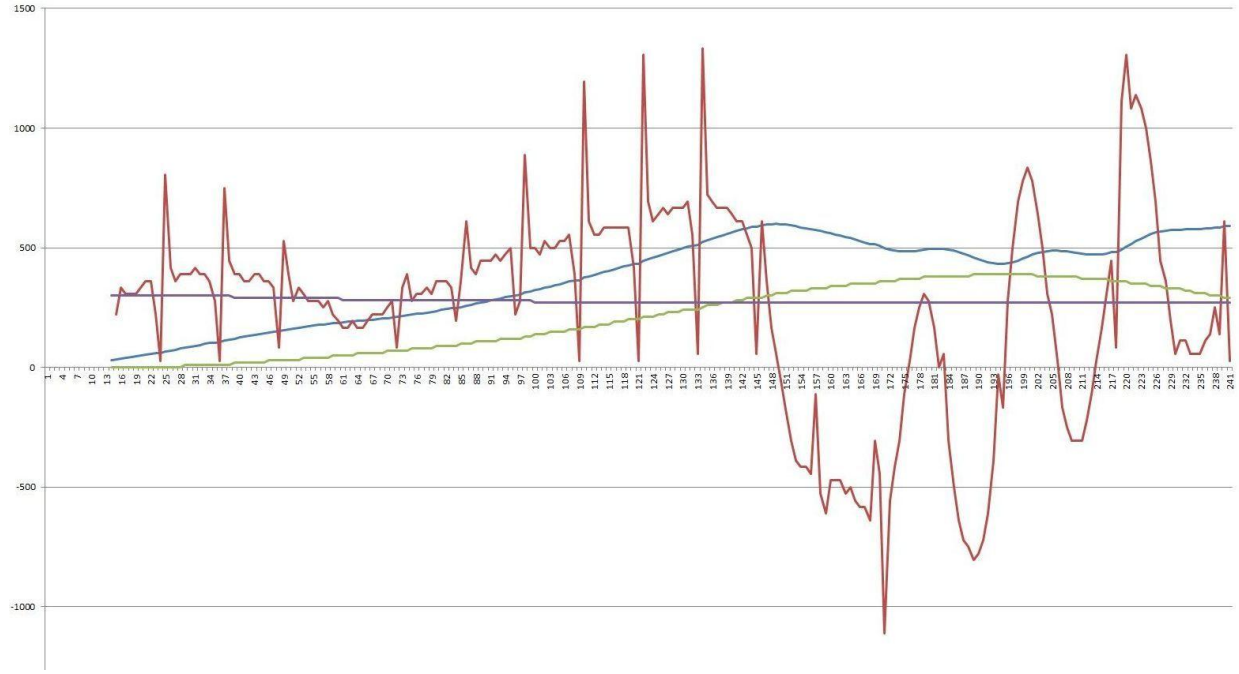

Рис. 1 – Ускорение (в см/с^2, фиолетовая «кардиограмма»), скорость (в м/с), высота (в сотнях метров) и число работающих двигателей системы Starship по времени полета (в секундах) [11]

Несмотря на всю парадоксальную необычность этого полета, почти никто, кроме автора данной работы, и, разумеется, компании SpaceX, не обратил внимания на эту его ключевую особенность. Те, чье внимание все-таки было привлечено к этому феномену, легковесно пытались списать его на отказы датчиков или сбои алгоритмов обработки сигналов. А SpaceX сделала вид, что ничего особенного не происходило, но при этом, уже через полтора месяца после полета И. Маск сообщил о том, что он принял на первый взгляд довольно немотивированное, если не сказать, странное решение о переходе на горячее разделение ступеней, то есть о запуске двигателей второй ступени еще до ее отделения от первой ступени без полного выключения ее двигателей. Это решение подавалось как способ уменьшить гравитационные потери при разгоне и, вследствие этого, увеличить выводимую системой Starship полезную нагрузку. Ставить подобную цель сразу после первого неудачного пуска на раннем этапе отработки по существу еще только прототипов ракетной системы казалось совершенно преждевременным даже в рамках гибкой методологии. Тем более что горячее разделение явно могло быть опасно для многоразового комплекса, которым в перспективе должен стать Starship. Тем не менее, как показали дальнейшие события, это решение было совершенно оправданным и своевременным.

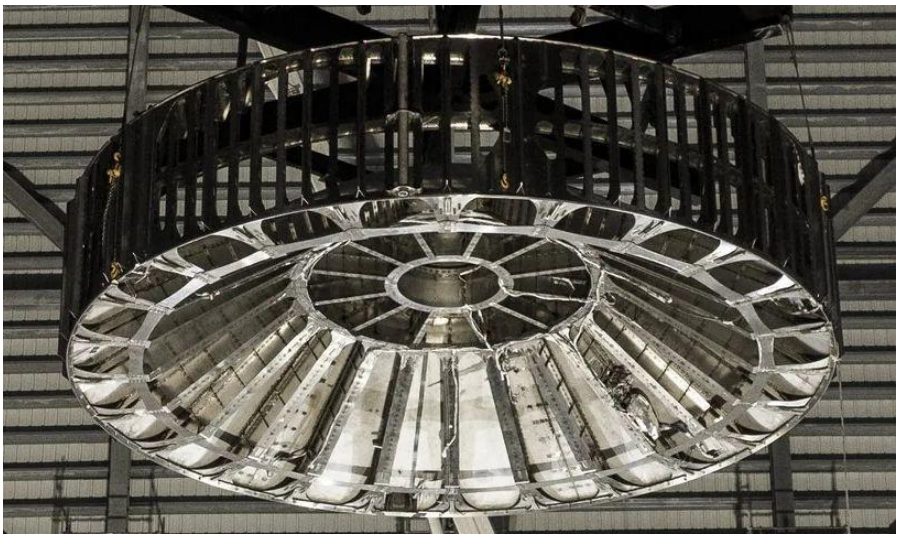

Рис. 2 – Промежуточный межступенчатый отсек для горячего разделения (FHSI)

Для его реализации между ступенями была введена специальная конструкция из нержавеющей стали под названием Forward Heat Shield Interstage (FHSI – Передний межступенчатый теплозащитный экран), см.

рис. 2 [12]. И после установки этого промежуточного отсека-экрана, второй полет системы Starship в сборке в ноябре 2023 года вплоть до разделения ступеней прошел совершенно гладко вообще без каких-либо проблем, а феномен катастрофических суперспайков первого полета был надежно скрыт завесой забвения.

Но дальше все оказалось значительно хуже. Первая ступень (бустер) взорвалась на активном этапе ее полета в момент бустбэка – разворота траектории в попытке осуществить маневр возвращения в окрестности стартовой позиции. А вторая ступень (корабль) также самопроизвольно взорвалась на, казалось бы, совершенно спокойном участке траектории – финальной стадии разгона [13]. Объяснения этих взрывов в первые ~ 2 месяца после полета разными представителями компании SpaceX были весьма предположительными и не вполне вразумительными (например, объяснение взрыва второй ступени, сделанное лично И. Маском на встрече с коллективом космодрома явно противоречило наблюдавшейся картине полета).

Однако, в пресс-релизе по результатам второго полета, вышедшем в самом конце февраля 2024 года всего за 2 недели до третьего полета, вдруг, проскользнула чрезвычайно показательная фраза о внедрении новой электронной системы управления вектором тяги (Thrust Vector Control) для двигателей Raptor второй ступени системы Starship (у первой ступени такая система была изначально хотя бы для того, чтобы осуществлять бустбэк) [14]. Ускорения ступеней, а значит, и тяги их силовых установок, в моменты прохождения ранее катастрофических этапов, в ходе третьего полета разительно отличались от того, что было во втором полете, и на этот раз тут взрывов уже не было. Тем не менее, на самом финише бустбэка у силовой установки первой ступени возникли проблемы с правильным отключением двигателей, а затем, при попытке их включения для посадочного торможения в океан, первая ступень снова взорвалась. Вторая ступень успешно вышла на расчетную баллистическую траекторию, однако из-за сброса излишков газа во время пассивной фазы полета потеряла ориентацию, вошла в атмосферу не штатно и сгорела [15].

Но, верный путь по преодолению текущих проблем компанией SpaceX был явно нащупан, что И. Маск и продемонстрировал темами и тоном своего следующего, апрельского выступления на встрече с коллективом космодрома. И в четвертом полете в июне 2024 года практически все прошло по плану. Тяга двигателей первой ступени при бустбэке была еще немного снижена (при увеличении продолжительности их работы), промежуточный отсек горячего разделения впервые был сброшен в промежутке между бустбэком и финальным торможением двигателями, что уменьшило скорость ступени перед его началом и дало возможность снизить тягу двигателей и во время посадочной операции. Все это позволило, наконец, осуществить мягкую посадку бустера в океан. Своевременное, как и в третьем полете, отключение части двигателей второй ступени системы Starship на финише ее разгона, а также отказ от сброса излишков газа на пассивном участке траектории этой ступени привели к расчетному входу атмосферу и, после финального торможения, мягкой посадке корабля в океан. Теперь, наконец, можно было приступать к летной отработке одной из самых сложных проблем – теплозащите корабля, а также полностью забыть о мифических «засорениях фильтров» топливных систем и о «возгораниях при сбросах» излишков компонентов топлива [16].

Пятый полет в октябре и шестой полет в ноябре 2024 года развили успех: в них впервые бустбэк был проведен не при снижении, а при значительном превышении тяги двигателей по сравнению с первым, катастрофическим опытом во втором полете. Регулярно сбрасывался промежуточный отсек горячего разделения, и вследствие этого происходили успешные финальные торможения бустера. В пятом полете он впервые совершил возвращение на стартовую позицию и был подхвачен манипуляторами стартовой башни – таким образом, впервые на практике был реализован весьма неординарный и эффектный способ возвращения ракетной ступени. Вторые ступени приводнялись в океан во все более целом виде – отработка теплозащиты шла полным ходом [17].

Однако, при всех видимых успехах испытаний 2024 года, И. Маску, подобно библейскому царю Валтасару, должно быть, чудились древние слова: «*Мене, мене, текел, уфарсин – Ты взвешен на весах, и найден…*», но совсем не очень легким, как Валтасар, а, наоборот, слишком тяжелым. Это связано с тем, что полезная нагрузка системы Starship версии V1 вследствие большой массы ее конструкции оказалась близка к 0, чему способствовали и манипуляции с тягой двигателей, отработанные в ходе четырех последних полетов этой версии и предотвращавшие взрывы ее ступеней. Было решено преодолеть эту субстанциальную проблему наращиванием стартовой массы и, соответственно, тяги двигателей с переходом на их новую версию Raptor-3. Но, так как эти двигатели тогда еще не были готовы, пришлось после первых шести полетов перейти на промежуточную версию системы Starship с прежними двигателями Raptor-2, названную V2, хотя вряд ли правильное ее название могло бы быть чем-то бóльшим, чем, скажем, V1.2. При этом была увеличена стартовая масса только второй ступени, и в ее топливную систему были внесены изменения для снятия некоторых траекторных ограничений тяги.

c. Полеты второй версии системы Starship

Во второй версии системы Starship изменения конструкции коснулись исключительно ее второй ступени. По большому счету она отличалась только тем, что была удлинена на 1.8 м, а ее топливные баки были значительно увеличены также и за счет уменьшения отсека полезной нагрузки – все равно полезная нагрузка могла быть очень невелика. Вследствие этого масса топлива возросла на 300 т, то есть на 25 %, что должно было позволить вывести нагрузку массой не менее 20 т в виде 10 макетов спутников Starlink V3 [18].

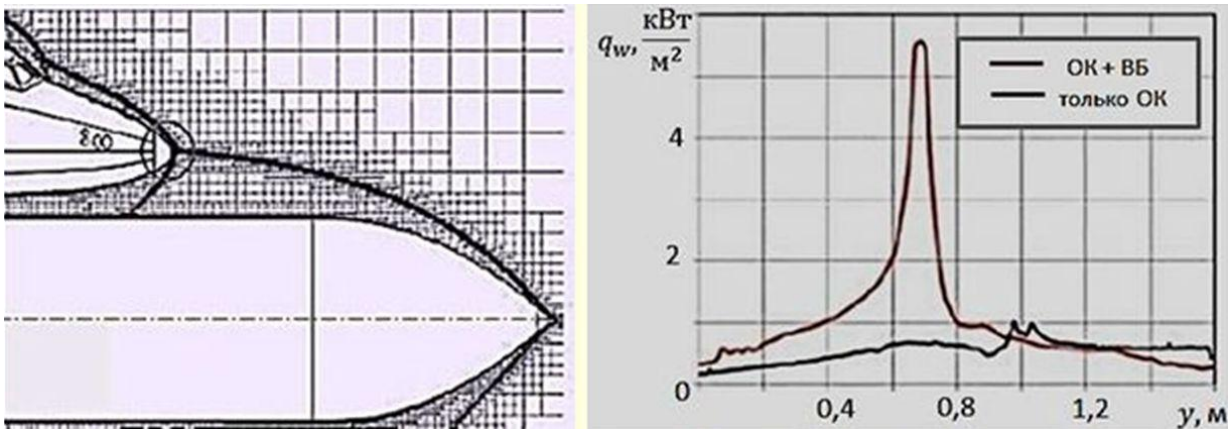

Рис. 3 – Распределение тепловых потоков на носке орбитального корабля системы Shuttle при отсутствии и наличии внешнего топливного бака [19]

Другим существенным изменением был сдвиг по корпусу передних крыльев-флаперонов вверх, дальше от его нижней поверхности и вглубь зоны аэродинамической тени, так, чтобы головной скачок уплотнения на гиперзвуковых скоростях полета их не пересекал. Как известно, это приводит к отрыву пограничного слоя и многократному росту теплового потока на поверхности в месте падения скачка. В качестве иллюстрации можно привести рис. 3, где при числе Маха полета M = 5.6 показаны расчетные значения теплового потока в окрестности носка орбитального корабля (ОК) ракетной системы Space Shuttle при отсутствии и при наличии внешнего топливного бака (ВБ) и попадании туда головного скачка от бака. Во втором случае пиковый тепловой поток в ~ 5.5 раз выше, чем в первом [19]. Вообще-то это хорошо известно уже лет 50, и первоначальное расположение флаперонов характеризует уровень владения основами гиперзвуковой аэродинамики в компании SpaceX. Для того чтобы понять, что при таком расположении флапероны будут неизбежно отгорать на гиперзвуковых скоростях при практически любой теплозащите не нужно было 6 раз запускать Starship версии V1.

Рис. 4 – Варианты исполнения трубопроводов подачи метана к двигателям второй ступени с вакуумными соплами

Еще одним существенным отличием второй версии второй ступени системы Starship была конструкция трубопроводов подачи жидкого метана к трем внешним двигателям с вакуумными соплами. Вместо единой центральной трубы, проходящей через бак жидкого кислорода, с тремя короткими отводами, вместе с

оставшейся центральной трубой был сделан треножник из трех индивидуальных трубопроводов к двигателям, см. рис. 4 [18].

Эта, очевидно, более массивная конструкция была введена для того, чтобы было не нужно выключать эти двигатели на финише разгона второй ступени для предотвращения ее взрыва, что приходилось делать на ступени версии V1, и что приводило к снижению полезной нагрузки. Конечно, если бы в компании SpaceX лучше бы понимали происходившие при этом процессы, то угрозу взрыва легко было бы устранить значительно более простыми и дешевыми средствами. Однако, было сделано так, как показано на рис. 4, и вследствие этого были потеряны еще две вторые ступени версии V2.

В январе и марте 2025 года было проведено 2 пуска второй версии системы Starship – седьмой и восьмой. И оба они достаточно неожиданно, как для компании SpaceX, так и для средств масс-медиа, постоянно следивших за этими испытаниями, завершились двумя взрывами вторых ступеней. Интересно отметить, что в отличие от времени пусков версии V1, компания SpaceX и ее главный инженер И. Маск не менее трех с половиной недель после седьмого полета ничего не сообщали хотя бы о предположительных причинах последнего фиаско, а также о том, когда можно ожидать следующий испытательный пуск. Причина аварии в том пуске была проста – интенсивные резонансные поперечные колебания новых длинных и ничем не подкрепленных трубопроводов питания двигателей метаном, сопровождавшиеся утечками топлива, а, затем, и разрушением одного из них. В последующих полетах эти трубопроводы были подкреплены, но тогда неожиданно проявились продольные колебания уже в трубопроводах подачи кислорода к внешним двигателям, и снова вторая ступень взорвалась, но чуть позже [18].

Поэтому, в следующем, девятом пуске (в третьем полете версии V2) в мае 2025 года снова, как и в успешных полетах версии V1, на финише разгона второй ступени пришлось снова отключать более эффективные двигатели с вакуумными соплами, а также манипулировать тягой всех двигателей. Однако, в майском полете это было сделано недостаточно искусно, и в самом конце разгона отключение трех центральных двигателей ступени из-за начала продольных колебаний произошло не строго одновременно, что привело к ее закрутке, вследствие чего снова была потеряна ориентация ступени на пассивном участке траектории. Из-за этого произошел ее неуправляемый вход в атмосферу и разрушение [20].

Далее, в июне 2025 при загрузке криогенным топливом перед наземными огневыми испытаниями корабль S36 (вторая ступень), предназначенный для десятого полета в ближайшие дни, взорвался. Поэтому десятый полет состоялся только в августе 2025 год уже с новым кораблем, а в октябре 2025 прошел и одиннадцатый полет. Оба они были близки по профилю и достигнутым результатам – наконец, оба корабля совершили успешное мягкое приводнение в океан.

Так как бустер версии V2 был тем же самым, что и бустер версии V1, проблем с ним в этих полетах было немного. Дважды, в седьмом и восьмом полетах, снова, как и в пятом полете, произошел успешный подхват бустера манипуляторами стартовой башни. В девятом и одиннадцатом полетах было осуществлено повторное использование бустеров B14 и B15, уже летавших в седьмом и восьмом полетах. Правда в девятом полете бустер B14 был потерян, но его траектория возвращения намеренно была максимально жесткой, чтобы экспериментально найти предельные режимы его работы [21].

В итоге, в 5 полетах версии V2 системы Starship было явно продемонстрировано, что при переходе на модифицированную конструкцию с увеличенным запасом топлива удалось вывести хотя бы на незамкнутую баллистическую траекторию некоторую полезную нагрузку ~ 20 т, на порядок меньшую, чем было заявлено в первоначальных планах. Стало также ясно, что наработки компании SpaceX, предотвращающие взрывы ступеней в полете, не переносятся напрямую на новую версию системы Starship с предыдущей – этот путь со взрывами в полете при таком подходе приходится проходить всякий раз с каждой новой версией заново, и в зависимости от глубины изменений ее конструкции длительность этого пути может быть непредсказуемой.

d. Полет третьей версии системы Starship

И то, что можно наблюдать сейчас, оптимизма не вызывает. Авария 21 ноября 2025 года на криогенных испытаниях последней версии V3 бустера B18 системы Starship позволила заглянуть внутрь него, и увидеть новую геометрию построения его топливной системы [22], см. рис. 5.

На первый взгляд, необъяснимое увеличение поперечного сечения центрального трубопровода на версии V3, питающего двигатели метаном, вызвано проблемами устойчивости его подачи при быстром развороте бустера вокруг его поперечной оси во время бустбэка. Это привело к вытеснению напорного бака кислорода для работы двигателей при посадке (то есть, при подхвате бустера посадочной башней) из центра к боковой стенке основного бака, вследствие чего у трубопроводов, подающих кислород в двигатели, работающие при посадке, стало не менее 7 различных длин (см. рис. 5).

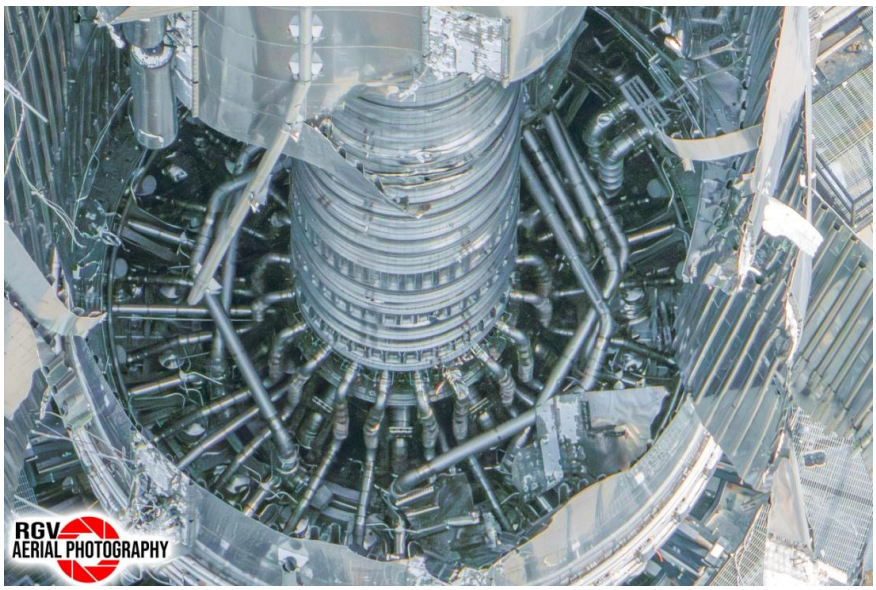

Рис. 5 – Видимая часть трубопроводов, идущих от бокового посадочного бака кислорода к двигателям бустера B18 версии V3

По неофициальным данным, после анализа обломков бустера B18 было определено, что его разрушение произошло именно из-за концентрации напряжений в местах крепления напорного бака к центральной трубе подачи метана, вызванных его асимметрией. И в следующих версиях бустера (B19 и B20) этот бак стал значительно выше и уже для того, чтобы уменьшить эту асимметрию, а усиление конструкции креплений привело к увеличению массы аппарата примерно на 2 тонны. Но даже без этого «послезнания» сразу было ясно, что в свете проблем, возникавших с двумя прежними версиями системы Starship, эти решения сразу показались, мягко говоря, недальновидными. Возникает такое впечатление, что эволюция двигателей Raptor, приводящая к его все более простой и элегантной конструкции, и эволюция ракетной системы происходят по двум диаметрально противоположным направлениям.

Доводка системы Starship версии V3 после ноябрьской аварии продолжалась 7 месяцев. Так как ее первый старт должен был произойти с нового стартового комплекса, происходили также работы по его достройке и наладке наземного оборудования.

Первый пуск версии V3 и двенадцатый по общему счету, состоявшийся 22 мая 2026 года, оказался частично успешным [23]. Вторая ступень с существенными отказами, но, все же, более-менее выполнила программу полета, причем состояние ее теплозащиты после торможения в атмосфере, по-видимому, было лучше, чем во всех предшествующих полетах. Однако, силовая установка бустера – первой ступени отключилась со взрывом одного из двигателей при попытке бустбэка, то есть разворота ее траектории в обратном направлении. При этом ее режим работы после разделения ступеней кардинально отличался от того, что делалось в предыдущих пусках – должны были начать работу все 33 ее двигателя, а не 13, как всегда было ранее. Маневр был сорван, первая ступень полетела в прежнем направлении, и, по-видимому, при попытке включения двигателей для мягкого приводнения она взорвалась, или просто разрушилась при ударе о воду на сверхзвуковой скорости. Единственным разумным объяснением попытки запуска для бустбэка всех 33-х двигателей бустера вместо обычных 13 было стремление избежать возбуждения автоколебаний типа «пого» в новой версии бустера V3 на этом режиме полета (см. [24]).

Таким образом, все те проблемы, которые в первых двух версиях системы Starship не позволили завершить за 11 пусков эпопею с ее выходом на круговую околоземную орбиту, судя по инцидентам ноября 2023 и мая 2024 годов, остались и у ее третьей версии.

III. Десять лет спустя

a. Марсианская контрреволюция

Еще в январе 2025 года казалось, что поход И. Маска за святым Граалем – Марсом, запасной планетой, необходимой для выживания человечества, длившийся к тому времени уже почти четверть века, не может быть ни прекращен, ни даже просто приостановлен. Именно тогда он в очередной как раз заявил: «Луна – это отвлекающий фактор», несмотря на заключенные с NASA контракты на сумму более $4 миллиардов для полетов на ее поверхность с помощью лунной версии системы Starship. Это был момент начала работы второй администрации президента Трампа, который в своей инаугурационной речи заявил, что американцы «установят звездно-полосатый флаг на планете Марс». В это время И. Маск находился на пике своего политического влияния. Проект бюджета, озвученный новой администрацией, по сути, предусматривал

прекращение американской лунной программы Artemis, и NASA, почувствовав изменение политических настроений, переключилось на концепции, поддерживающие пилотируемые полеты на Марс [25].

Однако, вскоре все снова кардинально изменилось: конгресс США одобрил поправку на $10 миллиардов в законопроект о согласовании бюджета, которая категорически отвергла отмену корабля Orion, ракеты SLS и окололунной орбитальной станции Gateway – основополагающих элементов национальной лунной программы Artemis. Вскоре и сам президент через несколько месяцев после инаугурации, в своей неподражаемой трикстерной манере, пересмотрел отношение к полету на Марс. Тогда же, в июне, И. Маск покинул государственную администрацию. А осенью исполняющий обязанности главы NASA Ш. Даффи вновь открыл контракт на посадку в рамках программы Artemis III для других претендентов, вполне резонно опасаясь, что Starship не будет готов к нужному моменту [25]. И все это происходило на фоне достаточно неожиданных, но регулярных взрывов как в полете, так и на земле второй версии этой ракетной системы, версии не с самой счастливой судьбой.

Тогда даже И. Маску стало ясно, что длящиеся к тому времени уже 5 с лишним лет испытательные полеты не привели ни к каким внятным результатам, и пилотируемый полет к Марсу в ближайшие годы совершенно невозможен. А лунные (и уже просроченные) контракты с NASA нужно закрывать хоть каким-то образом, чтобы не превратиться в неудачника и изгоя для американского истеблишмента. И в феврале 2026 года И. Маск заявил: «Компания SpaceX уже переключила внимание на строительство саморазвивающегося города на Луне», а строительство города на Марсе теперь станет целью «примерно через 5 – 7 лет» [25]. Однако, зная насколько в этой программе сроки его первоначальных планов расходились с реальностью, даже если их все-таки удавалось исполнить, непредвзятому наблюдателю ясно, что, даже в лучшем случае, любая «марсианская» деятельность сможет снова начаться, скорее всего, не ранее, чем через 15 – 20 лет. И это будет уже другой «крестовый поход», и не факт, что с теми же «крестоносцами».

При этом простые соображения заставляют отнестись к новому проекту с еще бóльшим скептицизмом. Концепция многоразовой ракетной транспортной системы Starship, в которой вторая ступень ракеты-носителя одновременно является и межпланетным/лунным кораблем, совершающим прямую посадку на поверхность планеты-цели (см. рис. 6), если и имела смысл, то только в том случае, если на планете-цели может быть развернуто производство топлива на обратный путь. Так предполагалось, и такое, в принципе, возможно на Марсе. Именно поэтому подобная Марсианская революция в концептуальной основе межпланетных полетов, где с 1962 года, с момента открытия для мировой общественности «трассы Кондратюка», господствовали представления о четком разделении ракет-носителей, пролетных и взлетно-посадочных модулей лунных и межпланетных космических кораблей [26], была так быстро и безболезненно воспринята. Однако, на Луне, в отличие от Марса, нет источников для производства метана – горючего корабля системы Starship. Поэтому, в лунном варианте Starship должен восприниматься как нужда, выдаваемая за добродетель, и как стремление «сверлить пилой и пилить буравчиком». А вся лунная программа компании SpaceX в реалиях Марсианской контрреволюции представляется вычурной и, в целом, довольно искусственной.

Рис. 6 – Изображения посадочного модуля Blue Moon HLS и корабля Starship HLS (второй ступени ракеты-носителя) на поверхности Луны

Кроме того, существует еще один аспект, на который компания SpaceX старается не акцентировать внимание. По мере доводки системы Starship ее ожидаемая полезная нагрузка непрерывно снижается, что SpaceX старается компенсировать ростом стартовой массы ракетной системы от версии к версии, и что, естественно, в первую очередь сопровождается увеличением в ней количества топлива. А все полеты корабля дальше от Земли должны обеспечиваться повторными его заправками на низкой околоземной орбите. Таким образом, раскручивается спираль числа необходимых заправок: недостаточная полезная нагрузка приводит к разработке версии с большей стартовой массой (с большей массой топлива второй ступени) и к росту количества заправок на орбите. И если темпы увеличения массы топлива второй ступени превысят темпы роста полезной нагрузки, то число необходимых для дальних полетов заправок будет неограниченно расти при модернизации носителя.

Плановые значений первой версии системы Starship в конце 2018 года были следующими: 150 т полезной нагрузки и 1200 т топлива на второй ступени – корабле Ship [6], что номинально потребовало бы 8 орбитальных заправок для полного заполнения его баков. И это тогда казалось вполне приемлемым решением при полной многоразовости системы. Такие данные в конце 2018 – начале 2019 годов неоднократно появлялись и на сайте компании SpaceX и в твитах И. Маска, но сейчас найти их следы становится не очень легко.

Спустя 7.5 лет, в конце 2025 года сообщались следующие плановые значения версии V3: 100 т полезной нагрузки и 1600 т топлива на второй ступени (но и их уже нет сейчас на сайте SpaceX). Это означает, что потребуется не менее 16 орбитальных заправок для полного заполнения баков корабля. При этом нет никаких гарантий, что полезная нагрузка не будет меньше, и число заправок, с учетом потерь на хранение, не возрастет до 20, а то и до 25, что выглядит совершенно не вдохновляюще. А ведь первые полеты к Луне, а, может, и не только первые, должны будут осуществляться именно с использованием вариантов этой версии. Вряд ли «здравый ум» согласится, что возможен «саморазвивающийся город на Луне» при двух десятках стартов с Земли для заправки на одну посадку на Луну. И, поэтому, по большому счету «лунный» Starship имеет не слишком радужные перспективы даже в случае его создания к планируемому сроку.

b. Переход к цивилизации II типа

Очевидно, что все эти простые соображения вполне осознаются и самим И. Маском, и, пожалуй, именно поэтому практически одновременно с выдвижением Лунного проекта на первый план, 7 декабря 2025 года, всего через две недели после того, как первый экземпляр бустера новой версии V3 системы Starship был полностью разрушен на наземных испытаниях, И. Маск выдвинул новый грандиозный проект – выведение на низкие околоземные орбиты созвездия из миллионов центров обработки данных (дата-центров) для обучения и работы нейросетей [27]. В этом случае не потребуются орбитальные заправки вторых ступеней, и, поэтому здесь, в принципе, не может произойти раскрутки безумной спирали орбитальных заправок, даже если стартовая масса новых ракетных систем и станет существенно расти. Так что, на первый взгляд, этот новый проект не имеет внутренних противоречий, разрушающих его на базовом уровне. Поэтому стоит рассмотреть его несколько более внимательно.

Отметим, что это произошло в знаковую для США дату – день нападения Японии на Перл-Харбор и вступления Америки во Вторую мировую войну. Мы не будем сейчас подробно анализировать внешнее окружение предлагаемого И. Маском созвездия дата-центров, но из уже неоднократно сделанных заявлений, следует, что доступные для обучения нейросетей данные уже практически исчерпаны или будут исчерпаны в ближайшие 2 – 3 года [28]. Среди прочих, такое же заявление в январе 2026 года сделал и сам И. Маск [29]. И тогда, разве не окажется, что такой интенсивный, как сейчас, рост нейросетей в ближайшем будущем либо вообще не будет нужен, либо станет возможным, только если они будут использовать, практически, только контент, создаваемый ими же самими? Тогда нейросети будут обучаться у других нейросетей, и создаваемый ими контент станет все более оторванным от реальности, что несет риск безудержного роста галлюцинаций и деградации моделей, особенно при многократно повторяющейся циклической раскрутке этого процесса. Нужно ли нам такое? Да и формальный экономический анализ развития нейросетей предсказывает высокую вероятность того, что их рост имеет все признаки биржевого пузыря, который должен лопнуть в недалеком будущем. Тогда, естественно, должен будет потерпеть крах и проект созвездия космических дата-центров.

Но, давайте рассмотрим этот проект с чисто технической точки зрения. Несмотря на свое январское заявление, которые как будто бы подрывало идеи о необходимости безграничного роста дата-центров для нейросетей [29], И. Маск в феврале 2026 года продолжил развивать идеи о запуске с использованием системы Starship в течение 4 лет 1 миллиона тонн спутников в год при мощности 100 кВт на спутник. Это «дает прирост 100 ГВт вычислительной мощности ИИ ежегодно – без эксплуатационных и обслуживающих затрат, с подключением через лазеры к Starlink – самый быстрый способ масштабирования, потому что легкодоступные источники электроэнергии на Земле уже сейчас найти крайне сложно» [30]. Это означает, что масса одного спутника – порядка 1 т, и этот план будет реализован при выведении в каждом пуске системы Starship 200 т полезной нагрузки каждый час, как он объявил в письме от 2 февраля 2026 года сотрудникам SpaceX [30]. Действительно, в не високосном году около 8766 часов, а пусков потребуется не

менее 5000 в год, и вот тогда-то и откроется «захватывающее будущее, в котором человечество отправляется в путешествие по звездам» [30]. Отметим, что на создаваемой сейчас версии V3 системы Starship максимальная полезная нагрузка планируется в 100 т, а на наземные и летные испытания по сути единственной предшествующей версии V1/V2, не вполне многоразовой и с полезной нагрузкой порядка 20 т, было затрачено от 3 до 6 лет в зависимости от начальной точки отсчета, так что для выполнения этой программы в ближайшие несколько лет пуски Starship V3 придется проводить даже чаще, чем раз в час.

Про следующий уровень развития проекта – строительство заводов по производству спутников на Луне и использование электромагнитного ускорителя для разгона дата-спутников без применения ракет, что позволит «масштабировать до > 100 ТВт/год вычислительной мощности, и обеспечит ощутимый прогресс на пути цивилизации II типа по шкале Кардашева» [27], пусть расскажет тот, кто будет помнить о нем через 2 – 3 года, если таковые тогда еще найдутся.

Для оценки масштаба проекта отметим, что по состоянию на ноябрь 2025 года в Соединенных Штатах насчитывалось 5427 центров обработки данных, что делает их крупнейшим в мире рынком центров обработки данных с существенным отрывом [31]. В глобальном масштабе действуют более 12 000 таких центров, при этом на США приходится около 45 % всех объектов в мире. Это на 2 порядка меньше предполагаемого ежегодного прироста дата-центров из орбитального созвездия. Конечно, среднее количество чипов и единичная мощность наземных центров больше примерно на те же 2 порядка, чем у орбитальных, и это означает, что ежегодный прирост орбитальных дата-центров по мощности должен быть сопоставим с сегодняшней мощностью всех наземных центров. И еще, 100 ГВт – это близко к мощности всех атомных электростанций США, которые вырабатывают около 20 % всей потребляемой там электроэнергии [32].

Оценим вкратце характеристики предполагаемых орбитальных дата-центров. Мощность 100 кВт при массе 1 т означает удельную энерговооруженность 100 Вт/кг. Мощность электрической системы современных спутников Starlink V2 Mini при массе 800 кг – 20 – 24 кВт, что дает беспрецедентную для орбитальных объектов энерговооруженность 25 – 30 Вт/кг. Ожидается, что следующая версия спутников Starlink V3 Full, которые будет должна выводить система Starship, будет иметь массу ~ 2000 кг при их мощности 50 – 60 кВт, что дает примерно ту же самую энерговооруженность [33]. Похоже, что существующая архитектура уперлась по энергоэффективности в потолок. Кроме того, в отличие от спутников системы Starlink орбитальные дата-центры будут должны сбрасывать практически всю полученную на солнечных батареях электроэнергию в виде тепла с помощью радиаторов-излучателей. Тогда при мощности теплового излучения 100 кВт, максимально допустимой температуре процессора 355 К, температуре поверхностей радиатора на 20 – 30 К ниже и площади 81 – 92 м^2 (с учетом потока тепла от поверхности Земли 55 – 60 Вт/м^2 на солнечно-синхронной орбите высотой 800 – 600 км) радиатор-излучатель имел бы массу около не менее 1000 кг, занимая весь соответствующий «массовый» бюджет спутника.

Совместный с ИИ анализ показал, что, в принципе, можно надеяться на приближение к требуемой массовой энергоэффективности дата-центров, но для этого должны использоваться новые технологии: интегральная конструкция, функциональные совмещения элементов, тонкопленочные гибкие солнечные элементы на перовскитных пленках, преобразующие в электричество 10 – 12 % солнечной энергии (в этом случае площадь таких солнечных батарей дата-центра будет около 1000 м^2), графеновые линии переноса тепла от процессоров и, наиболее критически важное, – жидкокапельные радиаторы. Причем, чтобы обеспечить приемлемый уровень потери ими теплоносителя, они должны быть с магнитным удержанием. Над такими радиаторами работы шли не менее 40 лет (еще без магнитного удержания), но ничего практически полезного до сих пор добиться не удалось. Так что для того, чтобы попытаться создать орбитальные дата-центры с указанными И. Маском в феврале 2026 года характеристиками потребуются годы, если не десятилетия научно-исследовательских работ, совершенно нехарактерных для компании SpaceX, и то без гарантий того, что результат будет когда-нибудь достигнут. Следовательно, в последнем проекте он попытался решить проблемы носителя, предполагая использовать полезную нагрузку, характеристики которой не могут быть достигнуты в какие-либо разумные по отношению к программе разработки носителя сроки.

И действительно, после презентации И. Маска «проекта TERAFAB» в конце марта 2026 года [34] стало ясно, что сейчас предполагается на спутниках мощностью ~ 100 кВт, получивших наименование AI Sat Mini, использовать тонкопленочные солнечные батареи площадью ~ 1000 м^2 с размахом крыльев по ~ 85 м и радиаторы-излучатели обычного типа площадью ~ 90 м^2 (см. рис. 7), что практически совпадает с ранее сделанными нами оценками. Общая мощность орбитальных дата-центров определена уже не в 400 ГВт, как ранее, а в ~ 1 ТВт, при этом их общая масса должна составить 10 Мт, то есть, масса каждого из них оставлена прежней. Это не согласуется с радиаторами обычного типа даже экстремально легкой конструкции, рассчитанной не более чем на 5 лет эксплуатации без дублирования систем и без защиты от микрометеоритов. После проработки такой конструкции совместно с нейросетью было определено, что ее масса не может быть меньше 500 кг. Да и солнечные батареи с полуразмахом порядка 85 м весьма трудно

будет сделать массой не более 150 кг, что являлось ультимативным требованием для того, чтобы уложиться в общую массу спутника ~ 1000 кг.

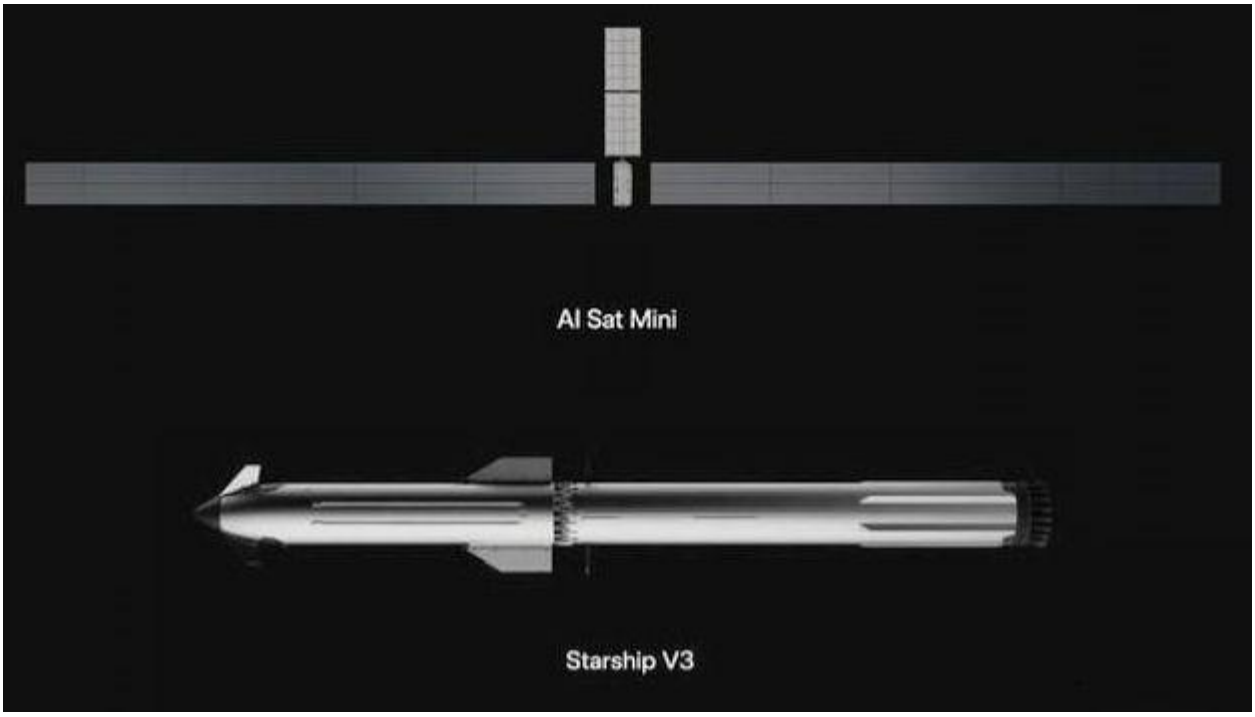

Рис. 7 – Сравнение размеров развернутого на орбите спутника AI Sat Mini и ракеты-носителя Starship V3

Так что переход от энерговооруженности 25 – 30 Вт/кг, характерной для спутников Starlink, к 100 Вт/кг на спутниках AI Sat Mini пока никак не просматривается. Даже если их масса окажется ~ 2000 кг – это будет беспрецедентным достижением компаний Tesla, SpaceX и xAI. А при вдвое большей их массе все оценки в проекте TERAFAB становятся еще более устрашающими. И, самое главное, зачем вообще все это нужно? Неужели только для того, чтобы орбитальные дата-центры непрерывно обучали бы друг друга на таком потоке создаваемых ими же галлюцинаций, по сравнению с которым поток информации из человеческого мира был бы пренебрежимо мал, затрачивая на производство этого информационного мусора энергию, несопоставимую с той, что сейчас доступна человечеству? И это, как утверждается в презентации [34], откроет возможность межпланетных путешествий?

Правда, можно разглядеть и иной возможный результат симбиоза компаний Tesla, SpaceX и xAI. Если, как сообщает И. Маск, основной поток информации будет связывать орбитальные дата-центры с беспилотными транспортными средствами типа электромобилей Tesla и миллиардами (!) роботов типа Optimus и их аналогами [34], то, нейросетями будет обрабатываться информация, поступающая из реального мира, и, в этом случае, возможно, обвальной деградации нейросетей из-за их галлюцинаций не произойдет. Но тогда, не означает ли это, что такая нейроструктура «цивилизации II типа» станет сама решать основные вопросы развития ее самой, а также и развития окружающего ее мира без участия человека? И тогда какое место в этой цивилизации у него останется? При успехе такого проекта, не станет ли эта нейроструктура, охватывающая все околоземное пространство, физическим воплощением известной умозрительной концепции В. Г. Вернадского – ноосферы (высшей стадии развития биосферы Земли), но, в отличие от исходной идеи, управляемой не человеческим, а иным разумом? Похоже, что вместо дарования «запасной планеты» И. Маск в результате Марсианской контрреволюции планирует теперь отобрать у человечества ту единственную планету, которая у него пока еще есть. Хотя такие планы, похоже, стали созревать в его голове уже достаточно давно.

Еще в 2014 – 2015 годах И. Маск сравнивал разработчиков искусственного интеллекта с героями сказок, которые чертят пентаграмму, и надеются укротить демона святой водой, и, что риск чего-то «серьезно опасного» возникнет в течение 5, максимум 10 лет. В то время он впервые озвучил пугающую многих мысль о том, что люди – это всего лишь «биологический загрузчик» (boot loader) для цифрового суперинтеллекта, необходимый лишь для того, чтобы запустить его [35]. Тогда же он разорвал отношения с сооснователем Google Ларри Пейджем, утверждая, что тот хочет создать цифровой суперинтеллект как можно быстрее, фактически стремясь к статусу «цифрового бога» [36]. И тут же стал сооснователем компании OpenAI, вскоре занявшей лидирующие позиции в разработке нейросетей, а еще через 10 лет объявил о программе развертывания беспрецедентной по масштабу орбитальной нейроструктуры. Но, спустя, примерно 4 месяца, в последние дни апреля 2026 года в ходе судебного процесса против OpenAI в Калифорнии И. Маск вновь

выступил с резкими предупреждениями об опасностях искусственного интеллекта [37]. Какой же вывод можно сделать из всех этих противоречивых заявлений И. Маска? По-видимому, только один – он хочет, чтобы он сам стал «цифровым богом», и никто другой таким не оказался.

Следует отметить, что чуть ранее, чем он выступил с последними предупреждениями об опасности нейросетей, в середине апреля 2026 года, и через 4 месяца после объявления о программе создания созвездия дата-центров, И. Маск урезал ее более чем в 50 (!) раз. Вместо 1 миллиона спутников AI Sat Mini в год по новым планам вместе со спутниками Starlink их должно будет выводиться на орбиту только 20 тысяч в год [38], причем их масса будет не 1 тонна, а 2 – точно как нами было указано за месяц до этого твита И. Маска. Тогда в этом варианте годовой рост мощности орбитального созвездия нейросетей не превысит 2 ГВт (вместо 100 ГВт первого варианта). И по сравнению с увеличением мощности наземных дата-центров это уже не выглядит как то, что может заменить их все (в одном только Китае к 2030 году она должна возрасти примерно на 30 ГВт) [39]. В таком случае, орбитальная группировка дата-центров окажется только нишевой структурой, которая, возможно, будет иметь преимущества только при минимальной задержке ответа на оперативные запросы автопилотов транспортных средств, военных на поле боя и т.п., за счет того, что ближайшие космические дата-центры будут находиться почти прямо над потребителем, а не в кластере за тысячи километров на другом континенте. И именно сразу после переоценки своих возможностей по созданию созвездия орбитальных дата-центров, И. Маск опять изменил свою риторику об искусственном интеллекте, снова акцентируя внимание на угрозах от него для человечества.

Кроме того, в преддверии планируемого на 2026 год IPO (первичного публичного размещения акций) компания SpaceX в конфиденциальной заявке, поданной в комиссию по ценным бумагам и биржам США (SEC), предупредила инвесторов, что не все нынешние амбициозные планы могут быть выполнены. Это может произойти из-за их зависимости от системы Starship, вследствие непроверенных технологий, которые будут использованы в проектах, а также из-за рисков, связанных с самим Илоном Маском [40]. Однако, как показали результаты IPO, инвесторы на эти предупреждения компании внимания совершенно не обратили, и с энтузиазмом подключились к надуванию очередного биржевого пузыря, а сам И. Маск вместо «главы Марса» и/или «цифрового бога» стал просто «триллионером».

Отметим также, что существует еще один не рассмотренный И. Маском аспект, который можно назвать экологическим: вместо ~ 5 – 10 кт в год метеорного вещества, входящего сейчас в атмосферу Земли [41], мы неизбежно получим ~ 2 Мт в год от первой версии проекта TERAFAB в виде падающих и разрушающихся дата-центров – это при средней мощности их созвездия 1 ТВт, а при 100 ТВТ мощности «созвездия» – 200 Мт в год. Что будет с земной атмосферой и самой Землей после таких бомбардировок? И все это действительно предстоит выносить человечеству только для того, чтобы оправдать существование системы Starship?

Поэтому подход к решению текущих проблем, демонстрируемый компанией SpaceX, и в первую очередь, ее руководителем И. Маском, можно, пожалуй, назвать галлюциногенным. Нерешаемые, как показывает углубленная проработка, а потом и сама жизнь, проблемы текущего проекта поэтапно вытесняются вовне его в новые родственные проекты, в расчете на то, что недостижимость уже их целей, да и просто их необходимость будет осознана позже, когда уже будет невозможно изменить то, к чему все это придет. Так что то, что могло бы произойти с нейросетями при их безграничном экстенсивном развитии без опоры на реальность, как будто бы уже достигнуто естественным интеллектом, а галлюцинации, целенаправленно создаваемые компанией SpaceX для внешних наблюдателей с апреля 2023 года (если не с сентября 2016 года), со временем, похоже, уже начали поглощать и ее саму. Или же мы сейчас наблюдаем реинкарнацию Гамельнского дудочника [42] в общепланетном масштабе, а весь мир не отличается от детей того достославного немецкого города?

IV. На чем должна споткнуться Марсианская контрреволюция: Столкновение галлюцинаций с реальностью

А теперь изложим мнение, почему все описанное в разделе III, к счастью, скорее всего, не имеет такого глобального значения вследствие противоречия описываемых там планов реалиям из раздела II и, поэтому, невозможности воплощения этих планов. Дело в том, что почти все взрывы или потери ориентации, также приводящие к гибели аппарата, во время полетов ступеней системы Starship или их сборки при суборбитальных запусках, были вызваны одной и той же причиной. А этих инцидентов за 12 проведенных полетов произошло, как минимум, 9 (по крайней мере, в двух полетах, если не в трех, происходило по 2 инцидента, см. [17, 18, 20, 24]). Это были проявления известного еще со времен Пенемюнде автоколебательного процесса, в начале 60-х годов, когда он впервые стал доставлять американским ракетчикам серьезные неприятности, получившего название «пого». Он состоит в том, что при близости или кратности частот собственных продольных упругих колебаний корпуса ракеты и гидроакустических осцилляций в трубопроводах подачи топлива к ракетным двигателям, возникает положительная обратная связь, в результате чего, в лучшем случае, эти колебания станут незатухающими, а в худшем – будут быстро расти, приводя к разрушению и взрыву объекта в котором они возникли. Название процесса произошло от

детской игрушки – палки для прыжков «пого», которая была популярна в те годы, когда американские ракетчики впервые по настоящему столкнулись с этим грозным явлением [43], см. рис. 8.

Рис. 8 – Близнецы Тейлор прыгают на палках «пого» по тихой лондонской улице

Вскоре наши отцы научились решать проблемы «пого», но для этого всякий раз при их появлении требовалось проводить сложные и длительные экспериментальные работы, так как полноценная теория этого процесса в те времена создана не была. Подавлять «пого» можно было либо, используя специальные газожидкостные демпферы на линиях подачи компонент топлива, либо подмешивая к ним гелий, либо демпфируя упругие колебания корпуса с помощью колебаний специальных масс на пружинах в противофазе с собственными его колебаниями [44, 45]. Сложность подобных работ можно проиллюстрировать тем, что подавление «пого» на ракете Titan II GLV потребовало проведения 24 пусков, продолжавшихся 22 месяца с 1962 по 1964 годы. К концу XX века актуальность подобных проблем заметно ослабла вследствие естественных причин, описанных в работе [43], и эти автоколебания, по-видимому, оказались вне зоны внимания конструкторов компании SpaceX, разрабатывавших ракетную систему Starship, так как, судя по всему, никакие проектные работы, связанные с возможностью возникновения в ней этих процессов, не велись. А как оказалось, система Starship, впрочем, как и любая очень крупная многоразовая ракетная система, является естественной средой обитания множества вариантов «пого», и вследствие этого ее разработчикам требуется вести долгую и изнурительную борьба с ними, особенно, если они не обладают инструментом предсказания режимов возбуждения этих автоколебательных процессов. Между прочим, все это было написано еще в 2023 году, сразу после двух первых полетов системы Starship [46].

В первом же полете в апреле 2023 года борьба продвинутой системы управления системы Starship с проявлениями «пого» привела к тем самым необычным вторичным автоколебаниям с периодом около 12 секунд, и гибели первого экземпляра ракеты. В SpaceX быстро поняли причину такого странного поведения их ракеты и введением промежуточного межступенчатого отсека (FHSI), как описано в разделе IIb, изменили собственную частоту продольных колебаний корпуса, разорвав, таким образом, положительную обратную связь – необходимое условие возникновения «пого». При этом компания почему-то скрыла эту важнейшую особенность ракетной системы – на слово «пого» у нее до сих пор наложено табу, несмотря уже, по крайней мере, на 7 прямых и 2 косвенных его проявлений за 12 суборбитальных полетов. Таким образом, компания SpaceX именно тогда заложила фундамент той системы умолчаний и сокрытий истины, которая 3 года спустя привела ее на зыбкую почву галлюцинаций «тераваттной мощности», и которая уже сейчас реально грозит ей большими проблемами.

Подавив «пого» на сборке, SpaceX тут же, в следующем полете снова неожиданно для себя столкнулось сразу с двумя его новыми проявлениями уже на отдельных ступенях (см. раздел IIb), и около двух месяцев разработчики системы Starship искали случайные причины, различные для этих двух эпизодов [15]. Даже если они поняли бы истинную природу этих катастрофических событий, длительная отработка проблем «пого» на наземных стендах, которых у них, естественно, не было, никак не вписывалась в гибкую

методологию разработки этой ракетной системы. Вследствие этого программа ее разработки на рубеже 2023 – 2024 годов оказалась в глубоком кризисе.

И тут компании SpaceX, как казалось тогда, сказочно повезло. В мае-июне 2023 года автор данной статьи, основываясь на своей предыдущей деятельности по исследованию автоколебаний близких типов, в кратчайшие сроки создал интегральную теорию автоколебаний типа «пого», которая позволяла связать основные характеристики корпуса ракеты и ее силовой установки с возможностью возбуждения этого процесса. Вскоре, после проведения десятков вариантов расчетов различных случаев, связанных с прежними проявлениями «пого», из этой теории было выведено важнейшее для практики следствие: «В рассматриваемых гидроакустических системах с большими или очень большими перепадами давления, при неизменной геометрии, их частота с высокой степенью точности обратно пропорциональна квадратному корню из перепада давлений на насосе». Элементы этой теории вместе с этим следствием были описаны в работе [10], 5 октября 2023 года отправленной на известный ресурс arXiv.org, а спустя 2 недели, когда начались необъяснимые задержки с ее опубликованием, она была выложена на сайте http://www.synerjetics.ru/index.htm

Наконец, уже в ноябре, незадолго до второго полета системы Starship после беспрецедентно длительной задержки, архив решил эту работу не публиковать. Причины официально были названы следующие: «Наши модераторы определили, что ваша работа посвящена теме, не рассматриваемой arXiv, или, что целевая аудитория вашей работы не является сообществом, которому мы в настоящее время служим». Тогда, через 3 недели, уже после второго полета системы Starship, 6 декабря 2023 года, на известном аэрокосмическом форуме NSF (NASASpaceflight) автор в качестве своего первого поста поместил краткую информацию о статье, отвергнутой безымянными модераторами arXiv, и написал несколько строк о теме той работы. Этот короткий пост вызвал на форуме NSF настолько бурную дискуссию, что вскоре подавил в теме о втором полете системы Starship все прочие рассматриваемые там вопросы. В связи с этим для продолжения обсуждения этого вопроса 15 декабря одним из участников форума (не автором) была создана отдельная тема, которая без объяснения причин в тот же день, через 13.5 часов оказалось закрытой, а автору был закрыт и доступ на форум. Более того, позднее выяснилось, что автору тогда же был закрыт доступ на неопределенное число административных и информационных сайтов во всем техасском графстве Камерон, где экономическое влияние компании SpaceX является доминирующим.

Кажется, единственный разумный вывод, который может из всего этого следовать – это то, что компания SpaceX заинтересовалась и получила статью [10], решив при этом уничтожить, насколько это возможно, всю публичную информацию о процессе «пого», с которым столкнулась система Starship, о теоретическом решении таких проблем, и об авторе этой работы. При этом, как подробно описано в работе [15], вскоре CEO компании поняли, что упомянутое в статье [10] следствие выводит их на новый, ранее не известный и очень удобный для них способ подавления «пого» путем изменения режимов работы двигателей системы Starship. И уже в третьем ее полете 14 марта 2024 года, оба режима, на которых произошли 2 взрыва в предыдущем пуске, были достаточно успешно пройдены, правда, на бустере, как описано в этой работе в разделе IIb, с некоторыми шероховатостями.

С тех пор так и повелось: после очередного возбуждения в полете процесса «пого», завершающегося, как правило, взрывом, в следующем пуске на основании полученной телеметрии о частотах продольных упругих и гидроакустических колебаний, изменялся режим работы той группы двигателей, в топливной системе которой возбуждались осцилляции, вступающие в положительную обратную связь с упругими колебаниями корпуса (здесь следует, по-видимому, отметить, что частота гидроакустических осцилляций зависит и от длины топливных трубопроводов, а у различных групп двигателей они различны). Как правило, изменение режима работы двигателей сводилось к снижению их тяги или к простому их отключению. Начиная с пятого полета, по мере накопления опыта, компания SpaceX стала использовать и увеличение тяги с быстрым «проскоком» опасного режима. Таким образом, к концу испытаний версии V1 все актуальные опасные режимы «пого» системы Starship были выявлены, и о «пого», казалось бы, можно было, наконец, забыть, продолжая скрывать для внешнего мира само его существование.

Однако, как показали события 2025 года, реальность в клочья разорвала эти иллюзии. Изменения геометрии и массы одной только второй ступени в версии V2, а также переформатирование из-за «пого» трубопроводов подачи метана к внешним двигателям корабля, по указанной в разделе IIc схеме, привело к тому, что изменились частоты как упругих, так и гидроакустических колебаний. Упругие частоты новой конструкции компания SpaceX, наверняка, смогла посчитать, а гидроакустические – нет, так как доступа к соответствующей теории она не имеет. И вместо поступательного движения вперед, большую часть времени 2025 года SpaceX снова занималась примерно тем же самым, что она делала с конца 2023 до осени 2024 года – снова продираясь через взрывы и отказы, экспериментально определяла допустимые режимы работы двигателей второй ступени нового образца.

По сути, просто потеряв год, SpaceX будет должна делать это снова уже в третий раз, причем теперь изменены уже обе ступени и двигатели. А вынужденное, но от этого ничем не оправдываемое, и, вероятно, фатальное решение – создание некоего «осьминога» – не имеющего центральной симметрии посадочного

кислородного бака с трубопроводами разной длины способно вызвать к жизни еще несколько смертельно опасных (в том числе и для стартово-посадочного комплекса) вариантов «пого» [22]. В итоге, создается впечатление, что руководство компании SpaceX полностью потеряло сколько-нибудь целостное представление о проекте системы Starship, а, значит, и возможность создания работоспособной транспортной системы.

И это – хорошо. Чем дольше И. Маск и компания SpaceX, находясь в таком состоянии, будут вовлекать весь мир в свои галлюцинации о переходе с помощью системы Starship к «цивилизации II типа», тем менее вероятно, что они смогут сойти с того «экстенсивного» пути по борьбе с «пого», на который их подтолкнул автор данной работы, и который практически несовместим с применяемой ими гибкой (Agile) методологией проектирования. И тем скорее грубо и зримо вторгшаяся в галлюцинации реальность разрушит эти великолепные, но безумные построения.

И Марсианская контрреволюция споткнется на том же самом, что и Марсианская революция – на несоответствии заявленных целей и используемых средств.

Выводы

1. За первые 2 десятка лет работы, к 2023 году, компанией SpaceX был произведен переворот на рынках пусковых услуг и высокоскоростного широкополосного спутникового интернета, а также был сконструирован первый прототип транспортной системы Starship для полетов на Марс. Казалось бы, что необычайно амбициозные планы создателя компании И. Маска получили шансы реализоваться пусть даже и в каком-то более реалистичном виде, чем в его мечтах. И это могло бы в будущем действительно привести к тому, что стоило бы назвать Марсианской революцией.
2. Однако, последовавшие за тем в течение трех лет испытания первых двух версий ракеты Starship привели к не менее чем 8 взрывам и потерям ориентации, также приводящим к разрушению системы или ее ступеней, в 11 испытательных полетах. Кроме того, при их пусках не было продемонстрировано возможности выведения на низкую околоземную орбиту сколько-нибудь значимой полезной нагрузки.
3. Эти инциденты не позволили также отработать за 11 тестовых полетов приемлемый уровень функциональности тепловой защиты второй степени ракеты Starship, необходимой для ее многоразового использования.
4. Первый полет третьей версии системы, на которую возлагались столь большие надежды, продемонстрировал, что при попытке осуществления бустбэка силовая установка бустера отключилась со взрывом одного из двигателей. Бустер полетел в прежнем направлении, и, по-видимому, при попытке включения двигателей для мягкого приводнения взорвался, или просто разрушился при ударе о воду на сверхзвуковой скорости. То есть, снова обнаружились проблемы, решение которых потребует все новых и новых испытательных полетов, когда, по существу, не останется ни времени, ни ресурсов на решение срочных проблем следующего уровня. Это – выход на орбиту, орбитальное маневрирование и стыковки на околоземной орбите, перелив криогенного топлива между различными вариантами второй ступени системы Starship, а также хранение его больших масс на орбите.
5. Сильное отставание как по характеристикам, так и по срокам разработки марсианской транспортной системы в конце 2025 – начале 2026 годов привели к Марсианской контрреволюции – тотальному пересмотру всей концепции эксплуатации системы Starship. Вместо полетов на Марс И. Маском сейчас анонсируются полеты на Луну вплоть до создания там «саморазвивающегося города», который уже, как будто бы, стал ему казаться невозможным на Марсе, и/или запуск на солнечно-синхронные околоземные орбиты в ближайшие несколько лет миллионов (или десятков тысяч, как получится) дата-центров для развития нейросетей (искусственного интеллекта) с характеристиками, которые в ближайшем будущем абсолютно недостижимы.
6. При этом совершенно не озвучиваются как смысл, так и реальные цели этих двух новых проектов. Не ставится вопрос – зачем все это должно делаться с затратами, которые на порядки превзойдут все то, что нам известно в истории цивилизации.
7. Последний, двенадцатый испытательный полет системы Starship (и первый полет ее новой, третьей версии) показал, что выбранная компанией SpaceX стратегия борьбы с главной причиной всех ее проблем – автоколебаниями типа «пого», то есть сокрытие самого существования этих процессов, не позволяет ей, израсходовав в разумные сроки сколько-нибудь приемлемые ресурсы, создать версию этой системы, которая хоть как-то могла бы отвечать требованиям, необходимым для реализации всех анонсированных программ.
8. Более того, компания SpaceX не смогла полноценно использовать подарок судьбы – разработку в 2023 году интегральной теории «пого», которая могла бы предсказывать режимы возникновения этих катастрофических автоколебаний до реальных полетов. Тайно применяя опубликованное следствие из этой теории для изменения режимов работы двигателей ракеты Starship после каждой аварии, компания SpaceX продемонстрировала, что только после 3 – 4 аварий для каждой версии системы она может подавить «пого».
9. Однако, вследствие гибкого итеративного (эджайл) подхода к проектированию версия системы Starship приемлемого для использования уровня (если она в принципе возможна) может появиться после не менее чем 4 – 5 итераций. Поскольку автоколебания типа «пого» объективно являются неотъемлемым

атрибутом таких многоразовых ракетных систем, выбранная компанией стратегия лечения симптомов, а не первопричин проблемы, вынуждает ее – с каждой новой версией системы – повторять цикл взрывов и «фейерверков», которые мы наблюдаем уже в третий раз, и от которых, похоже, стали уставать даже ее преданные поклонники.

10. В итоге такая стратегия разработки ракетной многоразовой транспортной системы Starship имеет очень высоки шансы завершиться провалом, и все невероятно амбициозные планы компании SpaceX под лозунгом Марсианской контрреволюции, по-видимому, к счастью для всего человечества, завершатся тем же, чем в завершилась Марсианская революция, то есть крахом. Или в лучшем случае, будет создано что-то вроде Большого Сокола (Big Falcon Rocket) для более дешевого (или для более дорогого, но большего масштаба), чем у ракеты Falcon 9, вывода полезных нагрузок на низкую околоземную орбиту.

Ссылки

1. BryceTech's 2025 Year in Review // https://brycetech.com/reports/report-documents/global-orbital-activity-2025/
2. Starlink. *Wikipedia* // https://en.wikipedia.org/wiki/Starlink
3. E. Musk – Making Humans a Multiplanetary Species. *SpaceX*, Sep 28, 2016 // https://www.youtube.com/watch?v=H7Uyfqi_TE8
4. Апрельские тезисы. *Wikipedia* // https://ru.wikipedia.org/wiki/Апрельские_тезисы
5. E. Musk – Renaming BFR to Starship. *Twitter* (*X*), Nov 20, 2018 // https://x.com/elonmusk/status/1064740713357750272
6. E. Musk – Well-optimized Starship would do ~250 tons to orbit as expendable & ~150 tons fully reusable. *Twitter* (*X*), Oct 20, 2021 // https://x.com/elonmusk/status/1450875068150652939
7. D. Mosher, M. McFall-Johnsen – Elon Musk says he plans to send 1 million people to Mars by 2050 by launching 3 Starship rockets every day and creating 'a lot of jobs' on the red planet. *Business Insider*, *Science*, Jan 18, 2020 // https://www.businessinsider.com/elon-musk-plans-1-million-people-to-mars-by-2050-2020-1#:~:text=Elon%20Musk%20recently%20shared%20details,to%20the%20moon%20and%20Mars
8. M. Sheetz – Elon Musk is 'highly confident' SpaceX will land humans on Mars by 2026. *CNBC, Investing in Space*, Dec 1 2020 // https://www.cnbc.com/2020/12/01/elon-musk-highly-confident-spacex-will-land-humans-on-mars-by-2026.html#:~:text=SpaceX%20CEO%20Elon%20Musk%20said,vehicle%20there%20in%20two%20years.%22
9. List of Starship vehicles *Wikipedia* // https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Starship_vehicles
10. Ю. И. Лобановский – Причина аварии системы Starship в первом полете. *Synerjetics Group*, 05.10.2023, 20 с. // https://www.synerjetics.ru/article/starship_crash.htm
11. OneSpeed – FAILURE: SpaceX Starship 1st Flight. *NASASPACEFLIGHT*, Reply #161, 20 April 2023 // https://forum.nasaspaceflight.com/index.php?topic=58669.msg2477879#msg2477879
12. Twitter SpaceX, *@SpaceX*, Aug 18, 2023 // https://twitter.com/SpaceX/status/1692610662604702138
13. Ю. И. Лобановский – Причины аварий обеих ступеней системы Starship во втором полете. *Synerjetics Group*, 04.12.2023, 10 с. // http://www.synerjetics.ru/article/second_flight.htm
14. Building on the success of Starship's second flight. *SpaceX*, Feb 26, 2024 // https://www.spacex.com/updates
15. Ю. И. Лобановский – Парадокс двух полетов системы Starship и его разрешение. *Synerjetics Group*, 30.03.2024, 16 с. // http://www.synerjetics.ru/article/paradox.htm
16. Ю. И. Лобановский – Анализ основных результатов третьего и четвертого полетов системы Starship. *Synerjetics Group*, 24.06.2024, 12 с. // https://www.synerjetics.ru/article/forth_flight.htm
17. Ю. И. Лобановский – Тайны программы испытаний системы Starship: Анализ основных проблем ее первого этапа. *Synerjetics Group*, 08.03.2025, 10 с. // http://www.synerjetics.ru/article/starship_problems.htm
18. Ю. И. Лобановский – Второй кризис программы Starship. *Synerjetics Group*, 06.06.2026, 11 с. // https://www.synerjetics.ru/article/second_crisis.htm
19. О. М. Алифанов – О роли научных исследований при проектировании и испытаниях аэрокосмических аппаратов. *XLIX Академические чтения по космонавтике*, Москва, 29.01.2025.
20. Ю. И. Лобановский – Почему в девятом полете вторая ступень системы Starship не взорвалась, а стала неконтролируемо вращаться? *Synerjetics Group*, 15.05.2025, 10 с. // https://www.synerjetics.ru/article/ninth_flight.htm
21. SpaceX Starship. *Wikipedia* // https://en.wikipedia.org/wiki/SpaceX_Starship
22. Ю. И. Лобановский – Анализ конструкции бустера системы Starship и ее развития за 2.5 года летных испытаний. *Synerjetics Group*, 14.12.2025, 12 с. // https://www.synerjetics.ru/article/starship_3.htm
23. Starship's Twelfth Flight Test. *SpaceX*, May 22, 2026 // https://x.com/SpaceX/status/2057843268038082848?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E2057843268038082848%7Ctwgr%5E%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=
24. Ю. И. Лобановский – Размен двигателей 13/33 как зеркало метода проектирования компании SpaceX. *Synerjetics Group*, 08.06.2026, 6 с. // http://www.synerjetics.ru/article/engines_exchange.htm
25. C. Dreier – The Space Advocate Newsletters. *The Planetary Society*, Feb 23, 2026 // https://www.planetary.org/space-advocate/space-advocate-february-2026

26. Ю. И. Лобановский – Два эпизода из истории космонавтики: Сходство и различия. *Synerjetics Group*, 06.05.2024, 10 с. // https://www.synerjetics.ru/article/two_episodes.htm
27. E. Musk – A major additional factor should be considered. *Twitter* (*X*), Dec 7, 2026 // https://x.com/elonmusk/status/1997706687155720229
28. P. Villalobos, A. Ho, J. Sevilla et al – Will we run out of data? Limits of LLM scaling based on human-generated data. ArXiv, Machine Learning, 4 Jun 2024 // https://arxiv.org/abs/2211.04325
29. D. Milmo – Elon Musk says all human data for AI training ‘exhausted’. *The Guardian*, *News*, 9 Jan 2025 // https://www.theguardian.com/technology/2025/jan/09/elon-musk-data-ai-training-artificial-intelligence
30. E. Berger – SpaceX acquires xAI, plans to launch a massive satellite constellation to power it. Arstechnica, Feb 3, 2026 // https://arstechnica.com/ai/2026/02/spacex-acquires-xai-plans-1-million-satellite-constellation-to-power-it/
31. R. Leichter – Number of Data Centers by Country (November 2025). *Cargoson*, Jan 04, 2026 // https://www.cargoson.com/en/blog/number-of-data-centers-by-country
32. Nuclear power in the United States. *Wikipedia* // https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power_in_the_United_States
33. E. Ralph – SpaceX unveils next-gen Starlink V2 Mini satellites ahead of Monday launch. *TeslaRati*, *News*, Feb 26, 2023 // https://www.teslarati.com/spacex-unveils-next-gen-starlink-v2-mini-satellites-ahead-of-monday-launch/#:~:text=In%20theory%2C%20that%20optimal%20solution,a%20response%20to%20the%20FCC.
34. Announcing TERAFAB: the next step towards becoming a galactic civilization. *SpaceX*, Mart 22, 2026 // https://x.com/SpaceX/status/2035519125284380672
35. E. Musk. *Twitter* (*X*), Aug. 3, 2014 // https://x.com/elonmusk/status/496012177103663104
36. G. Kay – Elon Musk said he hasn't talked to his former friend Larry Page in years: 'He got very upset with me about OpenAI '. *Business Insider*, Apr 19, 2023 // https://www.businessinsider.com/elon-musk-tucker-carlson-friend-larry-page-refuses-talk-openai-2023-4
37. A. Sharma – Elon Musk Tells Court AI 'Could Kill Us All', and He's Been Worried Since 2015. *ABP Live*, 30 Apr. 20, 2026 // https://news.abplive.com/technology/elon-musk-court-warning-openai-trial-ai-artificial-intelligence-openai-lawsuit-testimony-1839606
38. E. Musk. *Twitter* (*X*), Apr, 12, 2026 // https://x.com/elonmusk/status/2043157936261025980
39. S. Deng, F. Chen et al. – China's data center capacity set to top 60 GW by 2030, driving a doubling of power demand. *RystadEnergy*, Apr. 26, 2026 // https://www.rystadenergy.com/news/chinas-data-center-capacity-doubling-of-power
40. D. Jeans and E. Wang – Inside SpaceX's IPO: Musk's most ambitious plan yet. *Reuters*, April 29, 2026 // https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/inside-spacexs-ipo-musks-most-ambitious-plan-yet-2026-04-29/
41. S. Perkins – Earth sweeps up 5,200 tons of extraterrestrial dust each year. *ScienceNews*, Apr 15, 2021 // https://www.sciencenews.org/article/earth-extraterrestrial-space-dust-weight-meteorite
42. Гамельнский крысолов. *Wikipedia* // https://ru.wikipedia.org/wiki/Гамельнский_крысолов
43. Ю. И. Лобановский – О реализуемости некоторых вариантов «пого» в свете проблем программы Starship. *Synerjetics Group*, 08.02.2024, 9 с. // http://www.synerjetics.ru/article/feasibility.pdf
44. Б. И. Рабинович – Неустойчивость жидкостных ракет и космических аппаратов и некоторые фрагменты истории борьбы с ней. *Препринт ИКИ РАН*, 2006, 40 с. // http://www.iki.rssi.ru/books/2006rabinovich.pdf
45. C. E. Larsen – NASA Experience with Pogo in Human Spaceflight Vehicles. *NTRS – NASA Technical Reports Server*, NATO-OTAN-RTO-MP-AVT-152, 10 May 10 2017, 23 p. // https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20080018689/downloads/20080018689.pdf
46. Ю. И. Лобановский – Программа Starship: Итоги 2023 года. *Synerjetics Group*, 20.12.2023/06.01.2024, 5 с. // http://www.synerjetics.ru/article/results_2023.htm

Москва,
15.06.2026 Ю. И. Лобановский