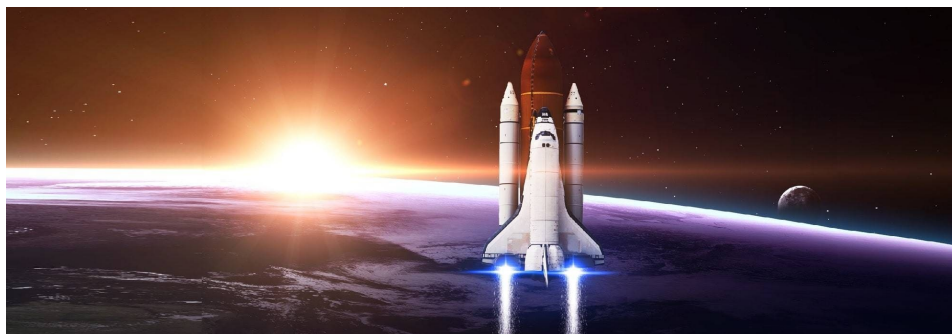


## Илон Маск одобряет: сталь и другие металлы в ракетостроении

«Лучшая ракета – после моей – это «Зенит»», - так летом 2017 года Илон Маск, один из величайших предпринимателей современности, отозвался о ракете-носителе украинского производства.



Американский бизнесмен известен не только благодаря своему

[электромобилю Tesla](#)

, но и компании SpaceX, которая с 2002 года занимается космическими программами, разработкой ракет-носителей и планирует отправить человека на Марс. «Зениты» - это продукт завода «Южмаш» из Днепро. Здесь есть в том числе и собственный металлургический комплекс. Ведь современная ракета состоит из множества различных материалов. Нашлось место и для стали в космосе.

### Первые разработки в космонавтике

История современной аэрокосмической отрасли началась в конце 1930-х годов. Тогда германские ученые и предприниматели одними из первых начали разработку и производство ракет на жидком топливе. Потенциал этой техники, которая использовалась в военных целях и могла поражать объекты, расположенные за 200-250 км, рассмотрели противники Германии. Они поняли, что творение немецких ученых можно использовать для чего-то большего. В середине сороковых годов прошлого века СССР, США и Великобритания устроили настоящую гонку в попытках заполучить один из секретов гитлеровской Германии – чертежи и специалистов, которые занимались разработкой ракеты V-2 (ФАУ-2). Немецкий конструктор Вернер Фон Браун принял решение переехать в США. Вместе с ним на другой континент отправились и все сохранившиеся образцы ракет, на основе которых создавалась американская космическая программа. А вот СССР так не повезло. Стране достались лишь отдельные детали и элементы конструкций. И под руководством житомирянина Сергея Королева здесь по крупицам восстановили ФАУ-2 и усовершенствовали ее, создав собственную ракету Р-1. Ее первый запуск состоялся в октябре 1948 года.

Советская ракета заметно отличалась от немецкого прототипа. Это было связано с конструкторскими возможностями, условиями работы и доступностью материалов. Ведь Германия создавала свою ракету фактически в разгар войны. Даже использование спирта в качестве ракетного топлива было вынужденной мерой – страна, воевавшая на два фронта, не имела достаточного запаса нефти.

В результате в Р-1 был несколько иной набор материалов, в том числе и металлов. В ФАУ-2 использовалось 87 марок и типов стали и 59 цветных металлов, в советской — 32 и 21 соответственно. Например, баки для топлива и окислителя были выполнены из алюминий-магниевого сплава. А вот кожух ракеты, который скрывал под собой все ее основные компоненты, – из стальных листов.

Примечательно, что производство наследников ФАУ-2 освоили именно на «Южмаше». Это и были первые попытки использовать сталь в космонавтике.

### Какие металлы используют в ракетах



Различные металлы составляют конструкционную основу современной космической техники.

«Крылатый металл» алюминий перешел из авиации в ракетостроение. Но здесь выяснилось, что его свойства не до конца удовлетворяют потребности конструкторов. Он хоть легкий и пластичный, но недостаточно прочный. Поэтому чаще используют дуралюмин или дюралюминий, разработанный в Германии в начале XX века. В этом сплаве (а точнее – в целой группе сплавов) содержится не только алюминий, но и достаточное количество меди и марганца, которые повышают его прочность и жесткость. Однако такой материал плохо поддается сварке. Дюралюминиевые части, как правило, соединяют клепкой и болтами, что не гарантирует герметичность. Поэтому дуралюмин применяют в так называемых «сухих» отсеках ракет.

В космонавтике чаще используются сплавы алюминия с магнием (до 6%), которые можно деформировать и сваривать. Из подобного сплава был создан корпус первого искусственного спутника земли – того самого шарика, который в октябре 1957 года был выведен на орбиту Земли. Также из алюминиево-магниевого сплава были изготовлены баки Р-7 – двухступенчатой баллистической ракеты, которая стала первой советской ракетой-носителем.

Космическая гонка между СССР и США привела к разработке и появлению большого количества более прочных сплавов на основе алюминия, в составе которых было до десятка компонентов. Но самыми прочными и легкими оказались сплавы из алюминия и лития.

Хоть сплавы «авиационного металла» остаются №1 по объемам использования в космической технике, но и сталь для авиационно-космической промышленности – незаменимый материал. Как в прошлом, так и сейчас. От цельных стальных корпусов, как у ФАУ-2, отказались после начала производства ракет, состоящих из нескольких ступеней. Но и сейчас есть космическая сталь – это различные марки «нержавейки».

Этот металл выигрывает у алюминиевых сплавов в жесткости. Конструкции из нержавеющей стали, которые должны выдерживать космические перегрузки и не деформироваться, получаются более компактными и легкими. К тому же сталь, даже самых экзотических марок, дешевле.



Сейчас из нержавеющей стали производят баки для ракетного топлива. При этом стенки этих огромных конструкций очень тонкие. Например, американский разгонный блок Centaur имеет толщину стенок 0,51 мм. Чтобы это изделие высотой 12,68 м и диаметром 3,05 м не сминалось под собственным весом, его форму поддерживают за счет искусственно созданного внутреннего давления. Фактически его

надувают как воздушный шарик.

Третий по распространенности металл, который используют в ракетах – это медь. Он тяжелый и дорогой, но имеет фантастическую теплопроводность. Поэтому из медных сплавов (как правило, это хромистая бронза) делают внутреннюю стенку ракетного двигателя. Она выдерживает жар в 3000°C, который вырывается из сопел во время старта.

Среди других металлов, которые нашли свое место в ракетной технике, можно выделить титан и серебро. Они важны с технологической точки зрения. Но вот объемы использования – незначительные. Ведь при выводе космического корабля на орбиту важен каждый килограмм, а удельный вес титана в 1,6 раза больше, чем у алюминия. При этом металлический титан и его сплавы, равно как и серебро, гораздо дороже стали и алюминиевых сплавов.



### Перспективы стали в ракетостроении

В современном мире на замену металлам и сплавам (в частности, стали) все чаще приходят стекло- и углепластик. Космическая сфера – не исключение. Например, корпуса американских многоразовых космических челноков (шаттлов) имели систему тепловой защиты из семи разных волокнистых и керамических материалов.

Еще одна новация – использование больших 3D-принтеров, которые могут создавать цельные элементы космических кораблей сложной формы. Акцент на такую возможность делают некоторые частные космические фирмы. Но что примечательно, среди используемых материалов – различные металлические сплавы. Новая технология позволяет избежать сварки, гибки и других операций, которые, как мы помним, невозможны с некоторыми легкими металлами.

А что же думает Илон Маск о будущем космонавтики? Можно ли использовать сталь для космических аппаратов?



В конце 2018 года в

[одном из интервью он сообщил](#)

, что сверхтяжелая ракета-носитель Starship, которая сможет обеспечить доставку грузов на Луну и Марс,

будет создана из нержавеющей стали. Это проще, дешевле и быстрее.

По его словам, 1 килограмм углеродного волокна стоит 135 долларов США. А с учетом отбраковки – до 200 долларов США. К тому же его нужно очень много. А вот цена 1 кг стали – около 3 долларов США. И она не является дефицитом, так как в мире много производителей

[листовой нержавеющей стали](#)

. Уже разработаны и испытаны специальные сплавы, которые хорошо выдерживают перепады температур. Они устойчивы к внешним факторам и не дают микротрещин, которые могут привести к поломкам и авариям. А нержавеющая сталь с добавлением хрома и никеля хорошо переносит и сверхнизкие температуры ракетного топлива.

Илон Маск уверен, что современные металлургические технологии позволят ему справиться с поставленными задачами. И поможет ему в этом AISI 301 – высокопрочная хромоникелевая немагнитная сталь.



В результате исследований, в марте 2019 года на заводе Маска было демонтировано многомиллионное оборудование для производства углепластикового корпуса ракеты, на который первоначально была сделана ставка. А 29 сентября того же года во время презентации полноразмерного прототипа Starship от компании SpaceX, Маск сказал, что благодаря использованию стали, на материалы для одной ракеты будет потрачено не 400-500 млн. долларов США, а лишь 10 млн.! И это будут корабли многократного использования.

Так что сталь для космоса еще долго будет оставаться ключевым материалом.