

М.А. Загайнов

студент

Е.А. Костенков

студент

БГТУ "ВОЕНМЕХ" имени Д.Ф. Устинова

г. Санкт-Петербург, Россия

ИННОВАЦИОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ RAPTOR КОМПАНИИ SPACEX

Raptor - это жидкостный ракетный двигатель нового поколения, разработанный SpaceX для межпланетной транспортной системы. С помощью нее она планирует совершать полеты между Землей и Марсом, и возможно даже за ее пределами.

Одним из важнейших преимуществ семейства этих двигателей по словам Илона Маска, генерального директора и главного конструктора SpaceX, является высокая степень повторного использования. Этого хотят добиться путем расширения технологий, которые были разработаны для ракеты Falcon 9.

Межпланетная транспортная система будет иметь огромные размеры, благодаря которым можно обеспечить максимальную полезную нагрузку порядка 450 тонн. Для достижения этой амбициозной цели требуется массивная ракета-носитель с большим количеством мощных двигателей, предназначенных для работы в глубоком космосе и для посадки и подъема в марсианской атмосфере. Это будет реализовано семейством двигателей Raptor.

Технические характеристики

Сразу же стоит сказать, что в новом двигателе будет использоваться комбинация жидкого метана и жидкого кислорода. Новый двигатель более чем в три раза превосходит двигатели Merlin 1D, использующиеся в ракетах Falcon 9 и Falcon Heavy.

Как мы уже упомянули, многоразовый двигатель использует концепции, впервые протестированные на ракетах Falcon 9 и Falcon Heavy, включая использование криогеники (охлаждение ниже точки кипения). Это увеличивает плотность, а значит можно заполнить ограниченный объем бака большей массой топлива.

Будут доступны две версии Raptor - одна для использования на первой ступени ракеты-носителя МТС (атмосферная) и одна, оптимизированная для работы в вакууме, будет использоваться вне атмосферы Земли.

Первая версия - Raptor SL (Атмосферная версия), имеющий вакуумную тягу 3297 Кило-ньютон при импульсе в 361 секунду, будет использовать отдельные турбины и насосы на топливной и окислительной сторонах в рамках полнопоточного поэтапного цикла сгорания с нагнетательными насосами, обеспечивающими необходимое входное давление для работы основных турбонасосов для создания давления в камере сгорания порядка 300 бар - самое высокое, достигаемое рабочим жидкостным ракетным двигателем.

В процессе производства двигателей будут использоваться аддитивные технологии (3D-печать), которые позволят значительно снизить себестоимость продукции и повысить тяговое

отношение к весу двигателя, поскольку оно позволяет производить более легкие детали. С помощью печати будут производиться топливные клапаны, детали турбонасоса и многие компоненты инжекторной системы.

Дополнительным преимуществом компонентов двигателя, изготовленных с помощью 3D-печати, является скорость, с которой конструктивные изменения могут быть осуществлены. Это позволяет не тратить недели и месяцы на повторное литье компонентов.

Конструкция ракеты-носителя предусматривает внешнее кольцо из 21 двигателя и внутреннее из 14. Только семь двигателей, в центре ракеты-носителя, предназначены для управления ею.

С введением Raptor, SpaceX стала придерживаться общей философии дизайна упрощения. Вместо того, чтобы разрабатывать совершенно новый двигатель для верхней ступени ракеты, компания адаптирует атмосферный Raptor для работы в вакууме, оснастив его более крупным соплом. Благодаря этому он получил тягу 3500 Килоньютонов (357 тонн-сил) при очень высоком удельном импульсе в 382 секунды.

Вакуумная версия используется на космическом корабле и танкере, каждый из которых оснащен шестью двигателями этой версии и тремя двигателями атмосферной версии, которые используются для посадки танкера на Землю, и для посадки и взлета космического корабля на Марсе[2].

Полнопоточный закрытый цикл

В Raptor используется полнопоточный цикл сжигания - вариация закрытого цикла двигателя, которая обеспечивает более высокую эффективность, чем двигатели с открытым циклом.

Жидкостный ракетный двигатель замкнутой схемы -двигатель, выполненный по схеме с дожиганием генераторного газа. В ракетном двигателе замкнутой схемы один из компонентов газифицируется в газогенераторе за счёт сжигания при относительно невысокой температуре с небольшой частью другого компонента, и получаемый горячий газ используется в качестве рабочего тела турбины турбонасосного агрегата. Сработавший на турбине генераторный газ затем подаётся в камеру сгорания двигателя, куда также подаётся оставшаяся часть неиспользованного компонента топлива. В камере сгорания завершается сжигание компонентов с созданием реактивной тяги[3].

Raptor использует регенеративную систему охлаждения - направляя метановое топливо от турбины через теплообменные аппараты камеры и сопла двигателя до достижения двигателя и турбины. С помощью газа из топливной магистрали после выхода из регенеративного контура охлаждения можно повысить давление в топливном баке, а дополнительный окислитель можно получить из выхлопа турбонасоса, однако потребуется дополнительный теплообменник на одном из дожигателей.

Конструкция двигателей с полным потоком имеет ряд преимуществ перед типичными ступенчатыми двигателями внутреннего сгорания, в первую очередь это более высокая производительность, которая достигается путем впрыскивания топлива в камеру сгорания, создавая более быструю реакцию, а также они более надежны, что способствует их повторному использованию[2].

Преимущества метана

При выборе двигателя, SpaceX отошла от хорошо зарекомендовавшей себя комбинации керосин-жидкий кислород, используемой в серии двигателей Merlin. Двигатели, работаю-

щие на метане, являются относительно новой разработкой в ракетной технике, активно преследуемой SpaceX(Raptor), BlueOrigin(BE-4), AirbusSafranLaunchers и различными российскими проектами.

По сравнению с парой жидкий кислород/керосин, метановые двигатели имеют отличное преимущество в том, что у них более чистое сгорание, а это в свою очередь устраняет проблемы с загрязнением двигателей, что особенно важно при постоянном использовании этих двигателей без значительного ремонта между полетами.

Метановые двигатели обладают более высокой производительностью по сравнению с керосиновыми с разницей в удельном импульсе порядка 35 секунд. Хотя жидкий водород обеспечивал бы еще более высокий импульс, превышающий 450 секунд, но он имеет гораздо более высокую цену.

Еще один довод в пользу использования метана - это возможность его создания с помощью ресурсов, присутствующих на Марсе. А именно - можно создавать кислород, воду и метан с использованием поверхностных вод и углекислого газа, которые в изобилии присутствуют в атмосфере Марса, а солнечный свет использовать в качестве источника энергии[1].

Список литературы

1. URL:<https://habr.com/post/404933>(Дата обращения 05.07.2018г).
2. URL:<http://spaceflight101.com/spx/spacex-raptor>(Дата обращения 05.06.2018г).
3. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Жидкостный_ракетный_двигатель_замкнутой_схемы1 (Дата обращения 11.07.2018г).

© М.А. Загайнов, Е.А. Костенков, 2018

УДК 004.6

А.А. Мосейчук

магистрант 2 курса ИИТК

А.А. Беляева

магистрант 2 курса ИСИ

Сибирский Государственный Университет
науки и технологий им. М.Ф.Решетнева

г. Красноярск, Россия

АНАЛИЗ НЕОБХОДИМЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТСЖ

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является неотъемлемой частью повседневной жизни каждого человека и одной из важнейших отраслей национальной экономики. Для уверенного ведения и совершенствования механизмов управления отраслью в 2004 году был утвержден новый Жилищный кодекс Российской Федерации. При вступлении его в силу, возросла потребность в создании ТСЖ (Товариществ Собственников Жилья).

На сегодняшний день, в соответствии с реформой жилищно-коммунального хозяйства в РФ, ТСЖ являются основной формой управления многоквартирными жилыми домами [1].