

УДК 629.788

Использование аэродинамического торможения для выведения космического аппарата на околоземную орбиту при возвращении от Луны

Несмелова Ксения Сергеевна

kseniya.nesmelova@rsce.ru

SPIN-код: 6186-7030

Муртазин Рафаил Фарвазович

rafail.murtazin@rsce.ru

SPIN-код: 8450-1683

ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Московская обл., Россия

Аннотация. Приведен качественный анализ характеристик аэродинамического торможения для выхода космического аппарата (КА) на околоземную орбиту при возвращении с Лунной орбитальной станции (ЛОС). Проведена оценка величины коридора входа КА в атмосферу Земли исходя из условия формирования заданной высоты апогея околоземной орбиты. Проведен анализ изменения траектории движения КА на участке аэродинамического торможения в зависимости от параметров управления КА: углов атаки и крена. Приведен расчет температуры в критической точке на поверхности тормозного щита и расчет максимальной перегрузки за время полета.

Ключевые слова: аэродинамическое торможение, температура в критической точке, многоразовый пилотируемый корабль

Введение. При возвращении с лунных миссий КА входит в атмосферу Земли с околопараболической скоростью $\sim 11,2$ км/с. В отличие от спуска с околоземной орбиты в данном случае увеличивается интенсивность нагрева и суммарное количество тепловой энергии, подводимой к поверхности КА. Для снижения нагрева поверхности КА во время спуска используется разделение траектории аэродинамического торможения на несколько участков. На первом участке происходит снижение скорости до значения близкого к первой космической скорости, а окончательное торможение происходит на следующих участках при повторном входе в атмосферу [1]. Аэродинамическое торможение применялось в советской лунной программе «Л1» и для американской программы «Аполлон» [2, 3].

Использование лунной орбитальной станции (ЛОС) в рамках инфраструктуры полетов к Луне позволит увеличить безопасность экипажа, надежность и транспортную эффективность лунных миссий [4]. Для обеспечения связи ЛОС с околоземной орбитальной станцией (ООС) рассматриваются различные транспортные системы (ТС). Одним из вариантов такой системы является транспортная космическая система «Рывок» [5]. Основным элементом которой является многоразовый пилотируемый корабль (МПК), который будет осуществлять перелеты между ООС и ЛОС для перевозки экипажа. Включение участка аэродинамического торможения в траекторию возвращения МПК на орбиту ООС приведет к существенной экономии топлива.

Методы и материалы; результаты. В работе приведены результаты моделирования выведения МПК на околоземную орбиту с помощью аэродинамического торможения. Диапазон значений угла входа в атмосферу на высоте 120 км составляет от $-5,66$ до $-5,19^\circ$. Использование аэродинамического торможения позволяет снизить скорость МПК до значений близких к первой космической скорости без затрат топлива. Чтобы выдержать температуру нагрева до 3000°C МПК оборудован тормозным экраном с абляционным покрытием. После атмосферного участка МПК движется по эллиптической орбите. Перигей данной орбиты находится в плотных слоях атмосферы, поэтому для перехода на околоземную орбиту в апогее эллиптической орбиты необходимо приложить разгонный импульс. С данной орбиты в дальнейшем будет реализована стыковка с ООС.

Заключение. В данной работе показана возможность использования аэродинамического торможения для выхода на околоземную орбиту при возвращении от Луны. Качественный анализ показал, что на этапе аэродинамического торможения максимальная температура в критической точке на поверхности КА не превышает 2500°C , что соответствует заданному ограничению. Максимальная перегрузка, действующая на КА составляет менее 5 ед. В дальнейшем планируется рассмотреть задачу попадания в плоскость ООС с использованием «грависферного эффекта» [6].

Список источников

- [1] Сихарулидзе Ю.Г. *Баллистика летательных аппаратов*. Москва, Наука, 1982
- [2] *Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди*. Москва, РТСофт, 2005, с. 178–191.
- [3] Самотохин А.С. Обзор методов управления космическими аппаратами при спуске в атмосфере. *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*, 2021, № 5, с. 1–20.
- [4] Муртазин Р.Ф., Беляева Е.К., Беглов Р.И. Эффективная транспортная система для доставки экипажа на Лунную Базу. *Космическая техника и технологии*, 2024, № 2 (45), с. 131–143.
- [5] Муртазин Р.Ф. Транспортная космическая система нового поколения для обеспечения лунных экспедиций. *Космонавтика и ракетостроение*, 2017, № 2 (95), с. 55–63.
- [6] Беляева Е.К. Высокая круговая орбита как альтернатива для развертывания лунной орбитальной станции. *Космонавтика и ракетостроение*, 2025, № 1 (138), с. 27–38.