

УДК 629.764

РАСЧЕТ ДИНАМИКИ ВОЗМУЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ЛЕГКОГО КЛАССА С УЧЕТОМ ВЕТРОВОГО НАГРУЖЕНИЯ И УПРУГОСТИ КОНСТРУКЦИИ

© Сметана В.В., Хайруллин И.И., Глушков С.В., Давыдов И.Е.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: smetanavladimir7@gmail.com

В работе изложена расчетная модель динамических характеристик ракеты-носителя легкого класса, имеющей возможность частично многократного использования.

Ракеты-носители легкого класса формируют новый сегмент рынка пусковых услуг, т. к. растет спрос на запуски малых (до 1000 кг) и сверхмалых (до 500 кг) космических аппаратов. Малые космические аппараты относительно недороги, легко модифицируются для решения целевой задачи, создают меньше радиопомех, обеспечивают значительное увеличение оперативности получения потребителем данных наблюдения за счет создания необходимой по численности группировки малых аппаратов. Их применение способствует уменьшению рисков, связанных с запуском на орбиту и работой в космосе, снижая финансовые потери в случае отказа или утраты такого спутника [1–6].

Производство новых ракет-носителей требует большого количества человеческих и материальных ресурсов. Полезная нагрузка доставляется на целевую орбиту, в то время как отработавшая часть системы (как правило, ракета-носитель) непригодна к дальнейшей эксплуатации. Ее части сгорают в атмосфере или же падают на Землю. В работе изложена концепция частичной многократности по схеме динамического возвращения, что позволяет экономить средства, необходимые для создания ракеты-носителя с нуля [7; 8].

Целью настоящей работы являются моделирование полета и работы системы управления в условиях возмущенного движения.

В качестве средств расчета применяются математический аппарат, состоящий из уравнений движения ракеты-носителя. Его реализация осуществлена на языке программирования Python. Вычисления осуществляются методами численного моделирования. Расчетная программа реализована в объектно-ориентированной парадигме.

Было осуществлено проектирование ракеты-носителя легкого класса с применением топливной пары кислород – СПГ и возможностью частично многократного использования. Были выбраны «тандемная» компоновочная схема и «холодный» способ разделения ступеней. Стартовая площадка – космодром Восточный.

В качестве возмущающих факторов движения были рассмотрены ветровое нагружение и упругость конструкции, за счет которой возникают изгибные колебания, вызванные работой двигателя и влиянием атмосферы.

Возникающие возмущения необходимо компенсировать системой управления, чтобы они не имели решающего влияния на номинальную траекторию полета.

В работе гашение учитываемых возмущающих факторов осуществляется Пропорционально-Интегрально-Дифференцирующим регулятором.

Результатом работы стала расчетная программа, осуществляющая эффективное управление движением ракеты-носителя, а также получены данные о параметрах регулирования, достаточных для компенсации возмущающих факторов.

Библиографический список

1. Абгарян К.А., Рапоров И.М. Динамика ракет. М.: Машиностроение, 1969. 377 с.
2. Куренков В.И. Основы проектирования ракет-носителей. Выбор основных проектных характеристик и формирование конструктивного облика: учеб. пособие. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2011. 458 с.
3. СПГ в ракетно-космической технике. URL: <https://tesiaes.ru/?p=7725> (дата обращения: 15.04.2023).
4. Белоконов В.М., Вьюжанин В.А. Расчет летных характеристик летательных аппаратов с применением ЭВМ: учеб. пособие. Самара: СГАУ, 1993. 67 с.
5. Васильев В.В., Морозов Л.В., Шахов В.Г. Расчет аэродинамических характеристик ракет-носителей: учеб, пособие. Самара : СГАУ, 2005. 88 с.
6. ГОСТ 4401-81 Атмосфера стандартная. Параметры . Введ. 1982-07-01.
7. Колесников К.С. Динамика ракет. М. : Машиностроение, 1980. 376 с.
8. Сметана В.В., Давыдов И.Е. Исследование динамических характеристик тяжелой ракеты носителя // Сборник статей XXV Всероссийского семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов. 2022. С. 40–48.