

УДК 629.78

Математическая модель и алгоритм разделения створок головного обтекателя ракеты-носителя

Нисифорова Полина Александровна^(*)

a412b12@voenmeh.ru

Бурунова Виктория Юрьевна

burunova_viu@voenmeh.ru

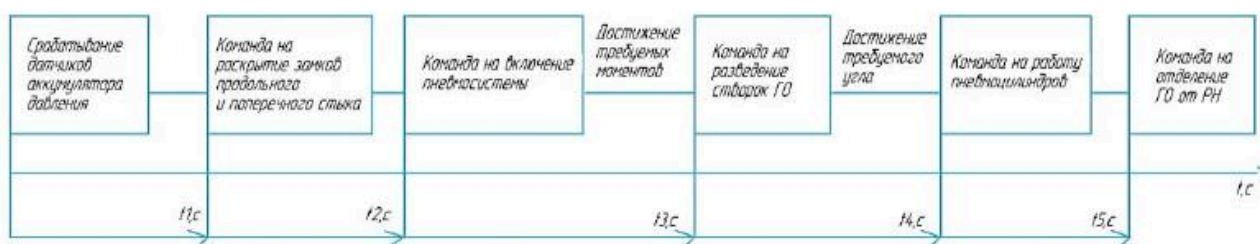
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В данной работе представлены результаты разработки математической модели раскрытия створок головного обтекателя ракеты-носителя, а также циклограммы их функционирования. В результате моделирования был осуществлен выбор угла раскрытия створок для ракеты-носителя с учетом массогабаритных ограничений. В качестве прототипа для проведения исследования была выбрана ракета-носитель Falcon 9. Для анимации был использован программный пакет Blender.

Ключевые слова: система разделения, ракета-носитель, угол, створки головного обтекателя, алгоритм

Введение. В условиях увеличения числа космических запусков и растущих требований к грузоподъемности и безопасности, тщательный выбор и проектирование системы разделения становятся важными аспектами успешного осуществления данных миссий.

Материалы и методы; результаты. Рассматриваемый в работе алгоритм функционирования представлен на рисунке.



Устройство разделения и сброса головного обтекателя ракеты-носителя содержит толкатели, которые выполнены в виде пневмоцилиндра. Каждая створка в данной системе имеет аккумулятор давления, который связан через пневмомагистраль с пневмоцилиндрами [1]. Поэтому после команды на срабатывание замков поперечного стыка, происходит включение пневмосистемы. Створки жестко закреплены на шарнире. При достижении 15 градусов они начинают разворачиваться и происходит отделение от РН. Соударение створок не происходит.

Для описания движения были использованы уравнения Лагранжа [2]. Силы рассмотрены в связанной со створкой системе координат.

Для анимации разведения створок головного обтекателя был использован программный пакет Blender. Анимация разделения написана на языке Python.

Для численного интегрирования был использован метод Рунге — Кутты 4-го порядка. Диапазон углов в программе варьировался от 15 и до 90°. Такой диапазон позволяет произвести безопасное отделение створок. Коэффициент аэродинамического сопротивления не учитывался. Математическая модель была написана также на языке Python.

Результаты моделирования, в которых были достигнуты оптимальные углы раскрытия створок (под «оптимальностью» понимается совокупность наименьшего значения сопротивления, момента, проекции скорости и угловой скорости) представлены в таблице.

Диапазон допустимых углов разведения створок ГО

Номер итерации	Угол, град	Коэффициент аэродинамического сопротивления	Момент, Н · м	Проекция скорости, м/с	Угловая скорость, рад/с
0	15	1,090930	0,000098	5,010779	0,000098
1	17	1,232355	0,000111	5,010880	0,000110
2	19	1,372279	0,000123	5,010980	0,000123
3	21	1,510531	0,000136	5,011079	0,000135
4	23	1,646943	0,000148	5,011177	0,000147

Заключение. Представленная в работе модель позволяет оценить динамику отделения створки головного обтекателя с учетом внешних воздействий и силы толкателя.

Был разработан алгоритм функционирования створок головного обтекателя, а также математическая модель его отделения. Рассчитан допустимый угол для разведения.

Список источников

- [1] Колесников К.С., Кокушкин В.В., Борзых С.В., Панкова Н.В. *Расчет и проектирование систем разделения ступеней ракет*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, 376 с.
- [2] Круглов Г.Е. *Аналитическое проектирование механических систем*. Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2001, 132 с.