

УДК 629.78

Алгоритмы спуска перспективного транспортного корабля при аварии ракеты носителя

Хетагов Рашид Саядуллаевич^{1,2}

rashid.khetagov@rsce.ru

Дегтяренко Иван Александрович^{2, 1(*)}

ivan.degtyarenko@rsce.ru

¹ ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Московская обл., Россия² МФТИ, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена задача спуска возвращаемого аппарата перспективного транспортного корабля после аварии ракеты-носителя. Представлен новый метод спуска, представляющий собой определенную комбинацию двух алгоритмов управления программным углом крена возвращаемого аппарата. Описана логика работы алгоритмов в методе, приведены характеристики спуска при различных моментах аварий для траекторий выведения к орбите МКС и к околополярной орбите. С учетом полученных данных моделирования сделан вывод о применимости алгоритмов для задачи спуска ВА после аварии ракеты-носителя с приведением к доступным полигонам посадки.

Ключевые слова: терминальный алгоритм, системы управления движением, задача приведения, зона маневра, пропорциональная навигация

Введение. Одной из основных задач системы управления движением возвращаемого аппарата (ВА) является спасение экипажа и ВА при аварии ракеты носителя (РН) на участке выведения и приведение ВА в заданный район. При возникновении аварийных ситуаций на определенных участках выведения перспективного транспортного корабля на орбиту необходимо выполнить увод ВА от РН и разворот в требуемую ориентацию [1] с помощью системы аварийного спасения (САС), затем с помощью системы исполнительных органов спуска (СИОС) [2] выполнить приведение ВА в один из полигонов посадки. Особенностью данной задачи является непрогнозируемый момент наступления аварии РН, в связи с чем она является задачей спуска со свободными начальными условиями. Отсюда можно отметить, что для решения данной задачи может потребоваться знание опорных траекторий через короткие промежутки времени, либо наличие алгоритма спуска, который не полагается на заранее известную опорную траекторию. В данной работе рассматриваются алгоритмы управления программным углом крена ВА во время спуска после отделения ВА.

Методы. ВА является аппаратом малого аэродинамического качества, управление движением которого осуществляется путем задания программного угла крена. Выставка в соответствующую программному углу крена ориентацию осуществляется двигателями СИОС. В работе для управления программным углом крена использовалась комбинация двух алгоритмов. В процессе исследования был сделан вывод, что наилучшая точность приведения ВА в полигон достигается при управлении командным углом крена

с помощью терминального трехпрогнозного алгоритма при наличии хотя бы одного из условий: высота ВА над уровнем моря больше 20 км или угол вектора скорости ВА над горизонтом больше нуля. В трехпрогножном алгоритме [3] путем интегрирования прогнозных траекторий с постоянными углами крена 0, 40, 180 градусов вычисляются три точки посадки. Из знания координат прогнозных точек посадок ВА вычисляются расположение границы зоны маневра в приближении эллипса и зависимость между продольной дальностью и углом крена. В зависимости от расположения центра полигона относительно зоны маневра, выбирается величина и знак программного угла крена. Если же условия для работы терминального трехпрогнозного алгоритма не соблюдаются, то выбирается алгоритм пропорциональной навигации [4, 5]. Параметр пропорциональной навигации λ вычисляется для углов крена из диапазона от -180 до 180 градусов с шагом 1 градус. Программный угол крена выбирается таким образом, чтобы соответствующий ему λ находился в диапазоне номинальных значений. Если ни для одного значения угла крена λ не находится в данном диапазоне, то выбирается угол крена, которому соответствует максимально близкий к диапазону номинальных значений параметр λ .

Заключение. Разработанные алгоритмы спуска ВА при аварии РН обеспечивают достаточную точность приведения в полигоны посадки и условия для ввода парашютной системе с учетом ограничений по перегрузке и расходу топлива.

Список источников

- [1] Алиев-Хетагов Р.С. Расчет продолжительности оптимального по времени разворота космического аппарата при смене режимов ориентации. *Вестник СибГАУ*, 2012, № 5 (45), с. 467–468.
- [2] Хетагов Р.С., Дегтяренко И.А. Алгоритмы управления двигателями системы исполнительных органов спуска перспективного транспортного корабля. *XXIII Науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва»: тез. докл.* 2024, с. 167–169. URL: <https://conf.energia.ru/tezis-23.pdf> (дата обращения 17.11.2025).
- [3] Сихарулидзе Ю.Г., Корчагин А.Н. и др. Терминальный алгоритм управления спуском с околоземной орбиты для посадки КА в заданном районе. *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*, 2018, № 46, с. 1–27.
- [4] Улыбышев Ю.П. Наведение космического корабля с малым аэродинамическим качеством в точку посадки. *Космические исследования*, 2010, т. 48, № 6, с. 549–556.
- [5] Улыбышев Ю.П. Адаптивное пространственное наведение летательного аппарата в неподвижную точку с заданным направлением подхода. *Известия РАН. Теория и системы управления*, 2017, № 3, с. 148–156.