

УДК 629.78

Выбор настроечных параметров регулятора системы управления балансировкой самолета-носителя в составе аэрокосмической системы на базе воздушного старта

Крюкова Мария Олеговна^(*) kmo2001@mail.ru

Симоньянц Ростислав Петрович rps@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена задача балансировки самолета-носителя (СН) в процессе десантирования ракеты-носителя сверхлегкого класса (СЛРН). Предложено релейное управление аэродинамическими рулями с применением адаптивной трансформации конструкции, обеспечивающее безопасное выдвижение СЛРН в возмущенный поток за фюзеляжем. Для приближенного определения параметров управления рассмотрены пространственная и редуцированная модели автономных движений по каналам управления методом качественной теории нелинейных динамических систем.

Ключевые слова: управление движением, релейный регулятор, фазовая плоскость, трансформация конструкции, точечные отображения

Введение. В настоящее время, в связи с развертыванием коммерческих спутниковых группировок, малые космические аппараты приобрели большую популярность. Проекты аэрокосмических систем [1] с воздушным стартом (АКС ВС) отвечают требованиям экономичности и оперативности. Наиболее перспективны системы с размещением РН в грузовом отсеке СН. Их основные недостатки связаны с возмущениями от изменения центровки самолета в процессе десантирования и возмущениями от взаимодействия РН с вихревым следом. Возникающее при этом отклонение по рысканью [2] вызывает возрастание угла атаки СН сверх критических значений, приводящих к аварийным ситуациям. Для парирования возмущений спроектирована пусковая установка с трансформируемой направляющей, оснащенная аэродинамическими рулями. Дана оценка параметров релейного управления, обеспечивающего требуемое качество динамических процессов.

Материалы и методы; результаты. Параметры релейного управления в рассматриваемой системе должны удовлетворять требованиям быстродействия, устойчивости и точности. Однако реализуемые при этом установившиеся режимы — сложные аттракторы, характеризуются узкими областями их существования в пространстве параметров системы [3]. Этим обусловлена высокая чувствительность таких систем к вариациям параметров, что вызывает значительные трудности при использовании методов синтеза управления, основанных на современных компьютерных технологиях.

Для улучшения глобальной сходимости вычислительных процессов необходимо вводить корректные начальные приближения. В работе предлагается

их получать на основе аналитического решения редуцированной модели. Перед исследованием пространственной модели рассматриваются плоские модели движения по каждому из трех каналов управления. Для управления движением и стабилизации используется трехпозиционная релейная функция с гистерезисом, аргумент которой формируется как линейная комбинация фазовых координат системы — угла и угловой скорости.

Исследование редуцированной математической модели одноканального управления ориентацией и стабилизации корпуса СН при постоянном воздействии возмущающего момента выполняется методом качественной теории нелинейных динамических систем на фазовой плоскости. Модель дополняется возмущающим моментом от нестационарной аэродинамической нагрузки. Области существования реализуемых в системе переходных процессов (ПП) и предельных циклов (ПЦ) определяются построением на фазовой поверхности точечных отображений Пуанкаре в сочетании с элементами компьютерных технологий.

Заключение. Применением метода качественной теории нелинейных динамических систем на фазовой плоскости с использованием программного комплекса численного моделирования получены параметрические области существования ПЦ, устойчивых к вариациям начальных условий, в виде системы алгебраических уравнений.

Список источников

- [1] АКК «Воздушный старт». Состав комплекса. URL: <http://eurasian-defence.ru/?q=node/2644> (дата обращения 16.05.2023).
- [2] Короткий С.А., Щеглов Г.А. Численное моделирование аэроупругой динамики воздушного старта с учетом интенсивного вихреобразования. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2010, спец. выпуск, с. 67–73.
- [3] Симоньянц Р.П. Квантово-механическая модель динамики релейно-импульсного управления. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2016, № 3 (108), с. 88–101.