

УДК 629.78

Моделирование режимов управляемого десантирования ракеты-носителя из трансформируемой пусковой установки транспортного самолета

Крюкова Мария Олеговна¹

sigma@vpk.npomash.ru

SPIN-код: 4447-8922

Щеглов Георгий Александрович^{2(*)}

shcheglov_ga@bmstu.ru

SPIN-код: 3501-7903

¹ АО «ВПК «НПО машиностроения», Реутов, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена математическое моделирование процесса десантирования коммерческой ракеты-носителя сверхлегкого класса из грузового отсека транспортного самолета-носителя с использованием пусковой установки, обладающей адаптивной трансформируемой конструкцией. Для обеспечения безопасного выдвижения ракеты в возмущенный поток за фюзеляжем самолета предложено релейное управление аэродинамическими рулями пусковой установки. Представлены результаты решения задачи аэросервоупругости, выполненные с использованием авторской программы. Представлены уточненные параметры системы управления пусковой установки в пространственной задаче.

Ключевые слова: управление движением, релейный регулятор, фазовая плоскость, настроечные параметры, трансформация конструкции, неконсервативные системы, аэросервоупругость

Введение. Проекты аэрокосмических систем с воздушным стартом отвечают требованиям экономичности и оперативности, предъявляемым к коммерческим средствам выведения [1]. Наиболее перспективны всеазимутальные системы с размещением ракеты-носителя (РН) в грузовом отсеке транспортного самолета-носителя (СН). Однако процесс десантирования РН осложняется наличием возмущений, возникающих в ходе изменения центровки СН и взаимодействия РН с вихревым следом [2]. При этом возникает отклонение РН по тангажу и рысканью и возрастание угла атаки СН сверх критических значений, что может привести к аварийным ситуациям. Для парирования возмущений спроектирована пусковая установка (ПУ) с трансформируемой направляющей, оснащенной аэродинамическими рулями [3]. В представленной работе дана оценка параметров релейного управления.

Методы и материалы; результаты. В работе решается задача аэросервоупругости динамической системы, состоящей из модели СН, РН, ПУ и ее системы управления. Получение начальных приближений для значений настроечных параметров системы управления ПУ предполагается на основе аналитического решения редуцированной модели. Для управления движением и стабилизации используется трехпозиционная релейная функция с гистерезисом, аргумент которой формируется как линейная комбинация фазовых

координат системы — угла и угловой скорости. Модель дополняется возмущающим моментом от нестационарной аэродинамической нагрузки. Для определения областей существования реализуемых в системе переходных процессов и предельных циклов используется метод точечных отображений Пуанкаре [4].

В рамках исследования процесса воздушного старта была написана программа на языке C++ с подключением библиотек фреймворка для физического моделирования и симуляции Project Chrono с открытым исходным кодом. Результатом работы программы является вывод графического окна, демонстрирующего моделируемое движение 3D-объектов, а также текстовые файлы с зависимостями от времени параметров системы.

Заключение. Численное моделирование с помощью разработанного программного обеспечения для задачи пространственного моделирования динамики десантирования СЛРН показало работоспособность системы управления на базе трехпозиционного релейного регулятора. Полученная математическая модель позволяет напрямую решить задачу парирования возмущений СН при десантировании РН. Представлены уточненные параметры системы управления пусковой установки в пространственной задаче.

Список источников

- [1] Кардашев М.А. *Воздушный старт*. Москва, Новое время, 2016, 356 с.
- [2] Короткий С.А. *Анализ проектных параметров аэроупругой динамики старта аэрокосмической системы из самолета носителя с учетом интенсивного вихреобразования*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2010, 121 с.
- [3] Крюкова М.О., Щеглов Г.А. Исследование динамики процесса десантирования СЛРН с управляемой направляющей. *Всерос. студ. конф., посв. 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея: сб. тез.* Москва, Издательский дом «Научная библиотека», 2024, с. 8–10.
- [4] Крюкова М.О. Симоньянц Р.П. Исследование режимов управления пусковой установки при десантировании ракеты-носителя из самолета-носителя. *Всерос. студ. конф., посв. 85-летию со дня рождения академика И.Б. Фёдорова: сб. тез.* Москва, ООО Издательский дом «Научная библиотека», 2025, с. 18–19.