

УДК 629.7.01

С.В. Филипковский, Л.А. Филипковская

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТВЕРДОТОПЛИВНОЙ РАКЕТЫ ПРИ РАБОТЕ ИМПУЛЬСНЫХ РУЛЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Объектом исследования является ракета с твердотопливным двигателем, запускаемая с автомобильной пусковой установки.

Целью работы является исследование колебаний корпуса ракеты в полете под действием импульсов рулевых двигателей и эффективности управления полётом по траектории рулевыми двигателями, расположенными в головной части твердотопливной ракеты.

Применены аналитические и численные методы определения частот свободных колебаний твёрдого тела и аналитические методы интегрирования дифференциальных уравнений движения. Построена математическая модель изгибных колебаний ракеты, проанализированы методы определения форм и частот собственных колебаний. Рассчитаны три низшие частоты и формы собственных колебаний ракеты. Расхождение результатов расчёта компьютерной программой с аналитическим расчётом первого приближения составляет 3 %. Расчет колебаний ракеты калибром 30 мм и длиной 7655 мм показал, что крутильные и продольные колебания имеют относительно высокие частоты и мало влияют на устойчивость и управляемость полёта ракеты.

Исследованы колебания корпуса ракеты, имеющей газодинамическую систему управления полётом с помощью рулей и газоструйную с помощью рулевых двигателей. Рулевые двигатели представляют собой малогабаритные одноразовые твердотопливные двигатели, которые расположены в пять рядов по периметру корпуса ракеты в головной части.

Разработаны методы расчёта вынужденных колебаний ракеты при работе рулевых двигателей. При действии управляющего импульса возбуждаются поперечные колебания корпуса ракеты и одновременно вращение ракеты как твёрдого тела вокруг центра масс. Колебания корпуса быстро затухают, а вращение приводит к изменению угла тангажа или скольжения. Чтобы остановить вращение и оставить некоторый требуемый угол наклона или азимута траектории надо дать второй импульс силы рулевым двигателем, установленным на противоположной стороне корпуса. Исследованы зависимости изменения углов тангажа и скольжения от длительности интервалов времени между управляющими импульсами.

Анализ полученных зависимостей показывает, что, не смотря на то, что вес топливного заряда составляет примерно половину веса ракеты, управляемость рулевыми двигателями одинаково эффективна при любой выработке топлива.