

УДК 629.78

## АНАЛИЗ ВНЕШНЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ РЕЗОНАНСА ПРИ АТМОСФЕРНОМ СПУСКЕ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С МАЛОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ И ИНЕРЦИОННОЙ АСИММЕТРИЕЙ

Лашин В. С., Любимов В. В.

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

Рассматривается неуправляемый спуск малого космического аппарата с малой аэродинамической и инерционной асимметриями в разреженной атмосфере. Известно, что при атмосферном спуске асимметричных аппаратов наблюдается реализация резонансных явлений, приводящая к нарушению заданных ограничений контролируемых характеристик [1]. Например, в работе [2] рассматривалось явление внешней устойчивости резонанса при спуске асимметричного аппарата с малыми углами атаки в атмосфере Марса.

Целью работы является получение и анализ условий внешней устойчивости главного резонанса при произвольных значениях угла атаки в процессе спуска космического аппарата с малой аэродинамической и инерционной асимметриями в разреженной атмосфере. При понижении порядка системы дифференциальных уравнений относительного движения космического аппарата применяется метод интегральных многообразий [3]. Для последующего упрощения динамической системы используется нерезонансная схема метода усреднения [4]. В процессе анализа внешней устойчивости используется модификация второго метода Ляпунова [5].

В работе производится получение и анализ условий внешней устойчивости главного резонанса. С этой целью осуществляется выбор функции Ляпунова. Определяется производная функции Ляпунова, учитывающая возмущения в системе. В дальнейшем анализируется знак производной функции Ляпунова. В результате записываются условия внешней устойчивости и внешней неустойчивости главного резонанса. Условие внешней устойчивости позволяет оценить величины параметров асимметрии космического аппарата, способствующих возникновению резонансных явлений. Полученные оценки параметров асимметрии могут применяться при проектировании и эксплуатации перспективных космических аппаратов, осуществляющих спуск в разреженной атмосфере Марса или в верхних слоях земной атмосферы.

### Библиографический список

1. Lyubimov V.V. Asymptotic analysis of the secondary resonance effects in the rotation of a spacecraft with a small asymmetry in the atmosphere // *Russian Aeronautics*. 2014. Vol. 57. No.3. pp. 245-252.
2. Lyubimov V.V. и др. External stability of a resonance during the descent of a spacecraft with a small variable asymmetry in the martian atmosphere // *Advances in Space Research*. 2017. Vol. 59, Is. 6, pp. 1607–1613.
3. Заболотнов Ю.М. Метод исследования резонансного движения одной нелинейной колебательной системы // *Известия РАН. Механика твердого тела*. -1999. Вып. 1. С. 33-45.
4. Моисеев Н.Н. Асимптотические методы нелинейной механики // М: Наука. 1969. – 380с.
5. Любимов В.В. Внешняя устойчивость резонанса в нелинейной системе с медленно изменяющимися переменными // *Известия РАН. Механика твердого тела*. - 2002. Вып. 6. С. 52-58.