

Секция «Математика и механика»

**Аналитическое и численное исследование задачи оптимальной
переориентации орбиты космического аппарата в отклонениях**

Панкратов Илья Алексеевич

Аспирант

*Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского,
механико-математический факультет, Саратов, Россия*

E-mail: pankratovia@mail.ru

Рассматривается задача оптимального управления ориентацией орбиты космического аппарата (КА). Требуется определить ограниченное по модулю управление (вектор реактивной тяги, ортогональной плоскости орбиты), переводящее орбиту КА из заданного начального состояния в требуемое конечное. Функционал, определяющий качество процесса управления, равен взвешенной интегральной сумме квадратов переменных, характеризующих отклонение орбиты КА от ее требуемого положения, и квадрата управления. Кватернионное решение этой задачи оптимального разворота орбиты КА сведено с помощью принципа максимума Понтрягина к краевой задаче, описываемой системой нелинейных дифференциальных уравнений 10-го порядка для фазовых и сопряженных переменных, в результате решения которой находятся закон оптимального управления, время оптимального движения, количество участков движения КА, на которых управление сохраняет постоянный знак, и их длительности.

Рассмотрен частный случай, когда орбита круговая, а управление постоянное. Отметим, что орбиты спутников ГЛОНАСС и GPS близки к круговым. Решение однородных фазовых дифференциальных уравнений ориентации круговой орбиты КА с переменными коэффициентами было найдено с помощью метода Эйлера, а решение неоднородных сопряженных уравнений ориентации круговой орбиты КА – с помощью метода вариации произвольных постоянных (метода Лагранжа).

Численное решение указанной краевой задачи сопряжено со значительными трудностями ввиду отсутствия формул для нахождения неизвестных начальных значений сопряженных переменных. Следует отметить также плохую сходимость начальных приближений для значений сопряженных переменных к тем значениям, которые доставляют нули функциям невязок из-за постоянного попадания в их локальные минимумы, где ни метод Ньютона, ни метод градиентного спуска не дают хороших результатов. Предложен оригинальный алгоритм численного решения дифференциальной краевой задачи оптимальной переориентации круговой и эллиптической орбиты КА, являющийся комбинацией методов Рунге-Кутты 4-го порядка точности, Ньютона, градиентного спуска. Приводятся примеры расчетов. Конечные значения элементов орбиты отвечают ориентации орбиты одного из спутников орбитальной группировки ГЛОНАСС. Построены графики оптимальных траекторий и управлений, фазовые портреты уравнений функции переключения управления. Указаны особенности полученных решений.

Слова благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-01-00310). Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Ю.Н. Челнокову за помощь в подготовке тезисов.