

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ КОСМИЧЕСКИХ ТРОСОВЫХ СИСТЕМ TETHER APPLICATION

Развитие космических технологий требует создания новых средств доставки малых капсул на поверхность планет Солнечной системы. Одним из новых подходов для решения данной задачи является использование космических тросовых систем (КТС) [1].

В сентябре 2007 года был проведён международный эксперимент (YES2 – The Second Young Engineer Satellite) по развёртыванию КТС с борта космического аппарата «Фотон-М3», целью которого была отработка принципиально новой схемы доставки капсулы в заданный район земной поверхности с использованием КТС [2]. В результате проведения данного эксперимента трос удалось развернуть на длину порядка 8,5 километров (планировалось, что трос развернётся на 30 километров), поэтому эксперимент был признан только частично удавшимся. Тем самым для моделирования тросовых экспериментов в будущем требуется разрабатывать более совершенные схемы управления КТС, что в свою очередь требует проводить моделирование процесса развёртывания КТС на Земле и поэтому требует создания имитационных стендов реального времени.

Одним из основных элементов в имитационном стенде является бортовой компьютер, задачей которого является расчёт управляющей силы. При развёртывании КТС, как правило, требуется осуществлять управления по длине и скорости развёртывания троса. Поэтому управляющая сила определяется следующим образом:

$$F_c(t) = k_L (L(t) - L_p(t)) + k_V (V(t) - V_p(t)). \quad (1)$$

Здесь t - реальное время развёртывания; $L(t)$ - реальная длина троса, развёрнутого на стенде, которая определяется датчиками длины; $V(t)$ - реальная скорость развёртывания троса на стенде, которая определяется датчиками скорости; $L_p(t)$, $V_p(t)$ - номинальная длина и скорость троса, которые определяются в результате расчёта номинальной траектории бортовым компьютером по заданной математической модели.

Для проведения моделирования развёртывания КТС в реальном времени было разработано многопоточное программное обеспечение (Tether Application) с использованием среды программирования Microsoft Visual Studio 2012.

Графический интерфейс пользователя представляет собой многооконное Windows приложение.

Механизмы обмена данными реализованы с использованием функций API WIN32 и с использованием сокетов для обмена данными с внешним компьютером, который может использоваться для визуализации данных или для параллельного расчёта дополнительных данных.

Рабочие потоки реализуют задачу интегрирования и расчёта заданных траекторий развёртывания троса.

В программе реализовано несколько математических моделей динамики движения КТС: плоская модель (трос и спускаемая капсула движутся в плоскости орбиты базового КА), пространственная модель (трос может совершать колебания относительно плоскости орбиты), геоцентрическая модель. В данных моделях трос рассматривается как невесомый стержень, а концевые тела рассматриваются как материальные точки. В случае необходимости рассмотрения более точных моделей было разработано дополнительное приложение Tether Dynamics Application, которое позволяет рассчитывать процесс развёртывания троса как гибкой весомой механической связи с учётом пространственного движения концевых тел относительно центра масс.

Разработанное программное обеспечение может быть использовано для создания имитационных стендов реального времени для исследования динамики КТС.

Библиографический список

- 1 А. П. Алпатов, В. В. Белецкий и др. Динамика космических систем с тросовыми и шарнирными соединениями. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», Институт компьютерных исследований, 2007. – 560 с.
- 2 P. Williams, A. Hyslop, M. Stelzer, M. Kruijff . YES2 optimal trajectories in presence of eccentricity and aerodynamic drag. IAC - 06-02.3.04, Valencia, 2006 and Acta Astronautica. Volume 64, issue 7 – 8, 2009, pp. 745 – 769.