

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Отчёт по самостоятельной работе №1
Отделение космического аппарата
«Математические методы анализа и проектирования космических систем»

Выполнил студент:

Раскольников Р. Р.

группа: 123123

Проверил:

к.т.н., доцент

Юдинцев В. В.

Самара 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1	Описание системы	2
2	Задание	3
3	Решение	4
3.1	Определение приращений скоростей	4
3.2	Определение зависимости $V_{12}(t)$	4
3.3	Определение продолжительности работы толкателей	5
4	Выводы	5
	Список использованных источников	6

1 Описание системы

От орбитальной ступени ракеты-носителя (РН) массой m_1 отделяется космический аппарат (КА) массой m_2 при помощи n пружинных толкателей [1, 2]. Отделение КА происходит после выведения орбитальной ступени РН с КА на заданную орбиту и завершения работы двигателя орбитальной ступени.

КА с орбитальной ступенью соединен при помощи пирозамков, которые срабатывают по команде от системы управления РН. В результате срабатывания пирозамков нарушается жесткая механическая связь между КА и орбитальной ступенью РН и КА под действием пружинных толкателей отделяется (отталкивается) от орбитальной ступени. Для телеметрического контроля отделения КА в поперечном стыке устанавливают датчики, которые сигнализируют об расхождении стыков (рисунок 1).

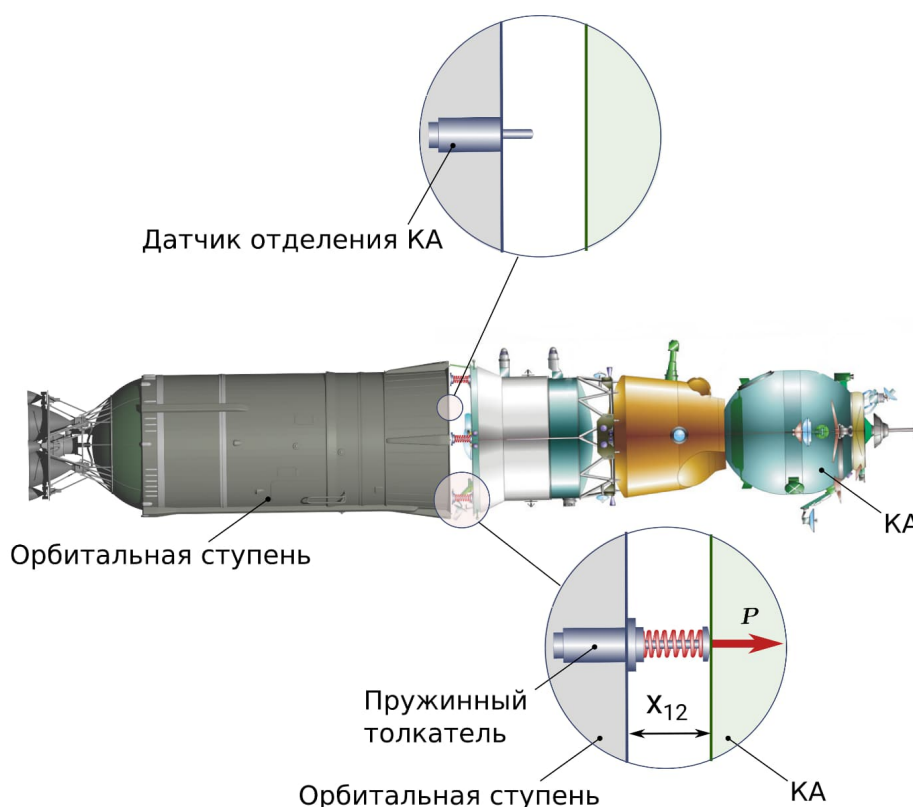


Рисунок 1 — Схема отделения КА

Сила пружинного толкателя изменяется в зависимости от перемещения его штока по линейному закону, убывая при выдвижении штока (рисунок 2) [1]. Начальное усилие одного пружинного толкателя равно P_2 , конечное усилие P_1 , максимальное перемещение штока (при котором усилие равно P_1) равно h_p .

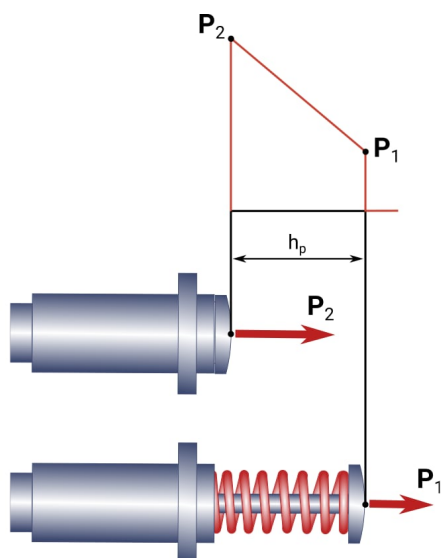


Рисунок 2 — Изменение силы пружинного толкателя в зависимости от перемещения его штока

2 Задание

Рассматривая КА и орбитальную ступень как материальные точки постоянного состава, движущиеся только под действием пружин толкателей, рисунок 3:

- определить приращение скорости КА после окончания работы пружинных толкателей.
- определить приращение скорости орбитальной ступени после окончания работы пружинных толкателей.
- определить продолжительность работы толкателей.
- построить зависимость относительной скорости (между КА и орбитальной ступенью) от времени

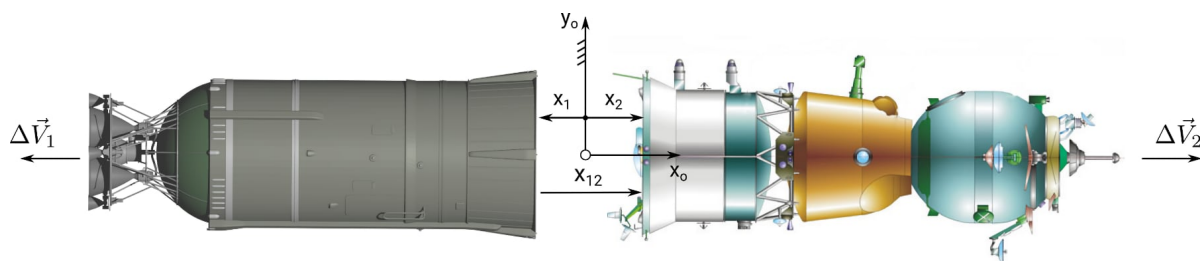


Рисунок 3 — Относительное движение КА и орбитальной ступени РН

Параметры системы приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Исходные данные

Параметр	Значение
m_1	3000 кг
m_2	6000 кг
P_2	3000 Н
P_1	500 Н
h_p	0,2 м
n	3 шт

Величины приращений скоростей и продолжительность работы толкателей привести с точностью до трех значащих цифр.

3 Решение

3.1 Определение приращений скоростей

Для определения приращений скоростей КА и орбитальной ступени используется теорема об изменении кинетической энергии системы и закон сохранения количества движения системы. Изменение кинетической энергии системы будет определяться суммарной работой A пружинных толкателей отделения:

$$m_1 V_1^2 + m_2 V_2^2 = 2A \quad (3.1)$$

где V_1 — приращение скорости ступени, V_2 — приращение скорости КА, A — суммарная работа пружинных толкателей, определяемая выражением:

$$A = n \frac{1}{2} (P_2 + P_1) h_p.$$

...

3.2 Определение зависимости $V_{12}(t)$

Для определения зависимости относительной скорости V_{12} от времени запишем уравнение движения рассматриваемой системы

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 = (-P_2 - c\delta)n \\ m_2 \ddot{x}_2 = \dots \end{cases} \quad (3.2)$$

где $\delta = x_2 - x_1$ – расстояние между разделяемыми поперечными стыками КА и РН (рисунок 3).

...

3.3 Определение продолжительности работы толкателей

...

4 Выводы

В результате выполнения работы определено приращение линейной скорости КА после окончания работы толкателей которое составляет $^{*},^{**}$ м/с, при этом приращение скорости ступени в противоположном направлении равно $^{*},^{**}$ м/с. Продолжительность работы толкателей отделения составляет $^{*},^{**}$ с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Круглов, Г. Е. Аналитическое проектирование механических систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. Е. Круглов ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (СГАУ). - Самара, 2000.
2. Расчёт и проектирование систем разделения ступеней ракет : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Ракетостроение и космонавтика» / К. С. Колесников [и др.]. — Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. — 373 с.