

Космическая лаборатория с электроракетными двигателями ориентации



Седельников Андрей Валерьевич,
Серпухова Анастасия Андреевна,
Корунтяева Светлана Сергеевна

*Самарский государственный
аэрокосмический университет*



Постановка задачи

- 1. Оценить модуль квазистатической компоненты микроускорений при использовании в качестве УРД электроракетных двигателей;**
- 2. Провести сравнительный анализ результатов с оценкой при использовании в качестве УРД классических ЖРД МТ;**
- 3. Сделать выводы об эффективности применения электроракетных двигателей по сравнению с ЖРД МТ;**

Электроракетные двигатели



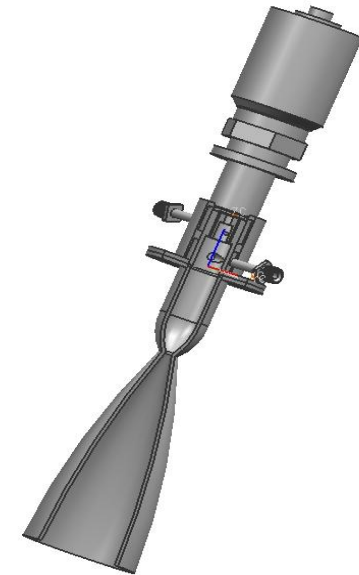
Установка электро-
ракетного двигателя



Характеристики электроракетного двигателя:

- | | |
|-----------------------------|-----|
| 1. Тяга, мН | 30 |
| 2. Масса одного ЖРД МТ, кг | 0,1 |
| 3. Минимальное число ЖРД МТ | 30 |

Классические ЖРД МТ



Двигатели системы ориентации ОКС «Skylab»

Схема ЖРД МТ

Характеристики ЖРД МТ для космической лаборатории типа «НИКА-Т»:

1. Тяга, Н	5
2. Удельный импульс тяги, м/с	2800
3. Масса одного ЖРД МТ, кг	0,5
4. Минимальное число ЖРД МТ	6

Упрощающие гипотезы физической модели микроускорений

- 1. Модель движения КА – пространственное вращение вокруг центра масс;**
- 2. Микроускорения создаются за счёт колебаний больших упругих элементов конструкции КА после единичного срабатывания пары УРД системы ориентации КА;**
- 3. Демпфирование собственных колебаний упругих элементов пренебрежимо мало по сравнению с амплитудой колебаний;**
- 4. Микроускорения представляют собой касательные ускорения при вращении вокруг центра масс.**

Уравнения физической модели микроускорений

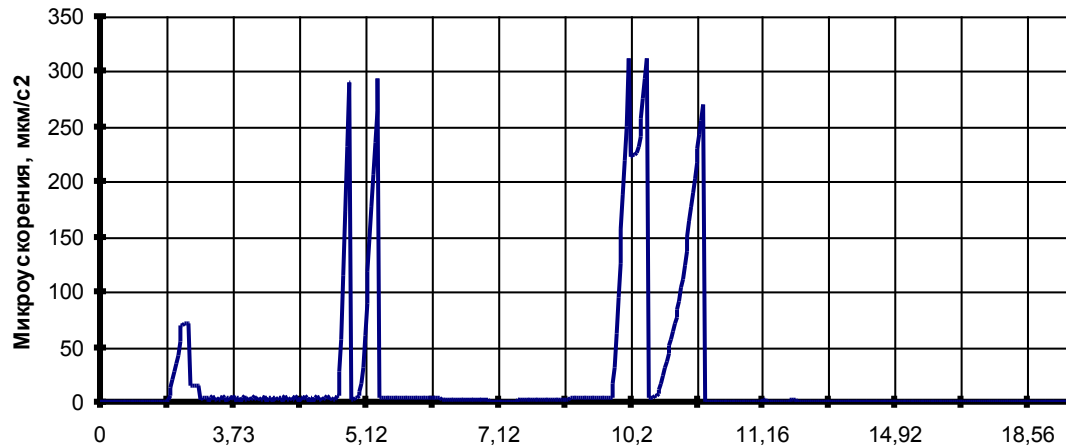
Вращение КА вокруг центра масс:

$$\left. \begin{aligned} I_{xx} \varepsilon_x + \sum_{k=1}^n l_k \int_1^0 \left\{ I_{11}^k \left(R_{y_k} + v_k \right) \varepsilon_{y_k} - \alpha_{12}^k \left(R_{x_k} + S_k \right) \frac{\partial^2 w_k}{\partial t^2} + I_{13}^k \left(R_{x_k} + S_k \right) \varepsilon_{x_k} - \alpha_{11}^k \left(R_{z_k} + w_k \right) \frac{\partial^2 v_k}{\partial t^2} \right\} dS_k = M_x \\ I_{yy} \varepsilon_y + \sum_{k=1}^n l_k \int_1^0 \left\{ I_{21}^k \left(R_{y_k} + v_k \right) \varepsilon_{y_k} - \alpha_{22}^k \left(R_{x_k} + S_k \right) \frac{\partial^2 w_k}{\partial t^2} + I_{23}^k \left(R_{x_k} + S_k \right) \varepsilon_{x_k} - \alpha_{21}^k \left(R_{z_k} + w_k \right) \frac{\partial^2 v_k}{\partial t^2} \right\} dS_k = M_y \\ I_{zz} \varepsilon_z + \sum_{k=1}^n l_k \int_1^0 \left\{ I_{31}^k \left(R_{y_k} + v_k \right) \varepsilon_{y_k} - \alpha_{32}^k \left(R_{x_k} + S_k \right) \frac{\partial^2 w_k}{\partial t^2} + I_{33}^k \left(R_{x_k} + S_k \right) \varepsilon_{x_k} - \alpha_{31}^k \left(R_{z_k} + w_k \right) \frac{\partial^2 v_k}{\partial t^2} \right\} dS_k = M_z \end{aligned} \right\}$$

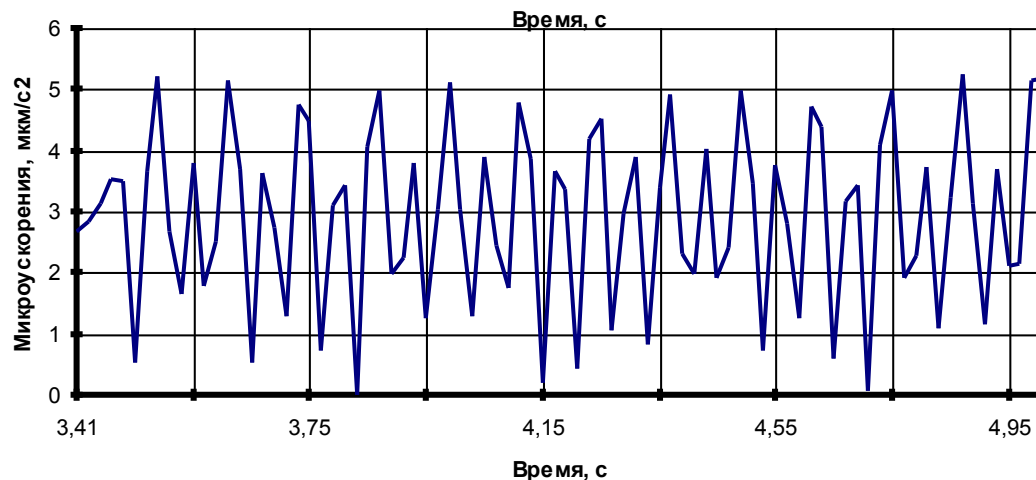
Колебания упругих элементов:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 v_k}{\partial t^2} + \varepsilon_{zk} \left(R_{x_k} + S_k \right) \varepsilon_{x_k} - \varepsilon_{xk} \left(R_{z_k} + w_k \right) \varepsilon_{z_k} - \frac{EJ_{k3}}{\mu_k} \frac{\partial^4 v_k}{\partial S_k^4} = 0 \\ \frac{\partial^2 w_k}{\partial t^2} + \varepsilon_{xk} \left(R_{y_k} + v_k \right) \varepsilon_{y_k} - \varepsilon_{yk} \left(R_{x_k} + S_k \right) \varepsilon_{x_k} - \frac{EJ_{k2}}{\mu_k} \frac{\partial^4 w_k}{\partial S_k^4} = 0 \end{aligned} \right\}$$

Результаты численного моделирования микроускорений для ЖРД МТ

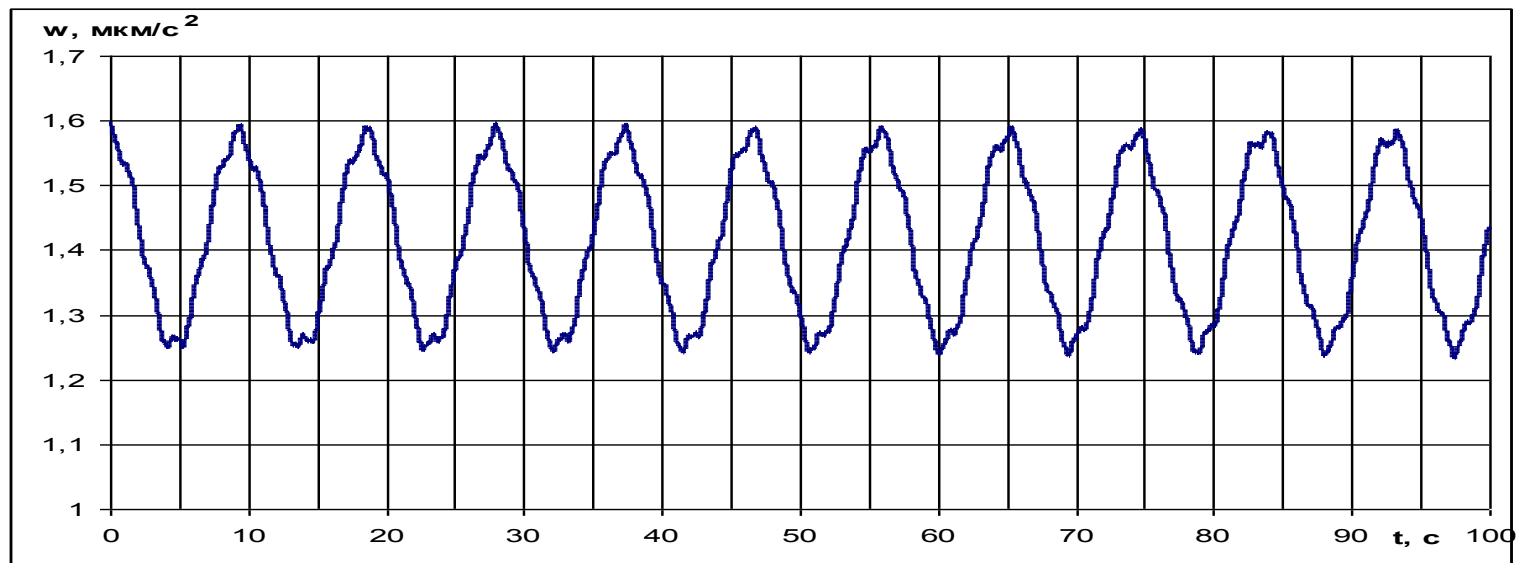


**Зависимость
микроускорений от
времени для
нескольких включений
УРД**



**Фрагмент зависимости
микроускорений от
времени между
первым и вторым
включениями УРД**

Результаты численного моделирования микроускорений для электроракетного двигателя



Зависимость модуля микроускорений от времени при постоянно работающем электроракетном двигателе

Основные результаты работы

- 1. Проведен анализ конструктивных схем двигательной установки, включающей ЖРДМТ и электроракетные двигатели.**
- 2. Оценен модуль микроускорений в зоне предполагаемого размещения технологического оборудования при использовании в качестве УРД ЖДРМТ и электроракетного двигателя.**
- 3. Предложено использовать электроракетный двигатель для сброса кинетического момента гироскопов с целью увеличения периода пассивной ориентации КА.**