



**МГТУ имени Н.Э. Баумана**

**Всероссийская студенческая конференция  
«Студенческая научная весна»  
Аэрокосмический факультет**



**Динамика старта крылатой ракеты**

Руководитель: Григорьев Юрий Всеволодович, РК5

Автор: Булдаков Иван Денисович, АК2-41

**апрель 2023**

***Цель:***

Рассчитать предельную инерционную нагрузку на крылатую ракету в момент запуска с точки зрения потери устойчивости конструкции изделия

***Задача:***

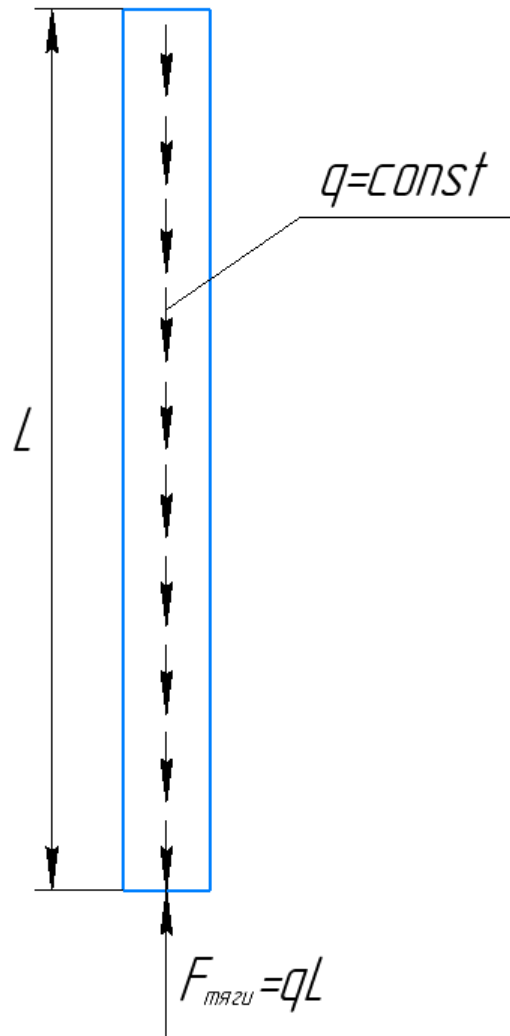
Рассчитать максимальное ускорение , которое может быть приложено к изделию при помощи силовой установки ракеты без дальнейшей потери устойчивости изделия

### ***Актуальность:***

Данная методика может быть использована для определения максимального ускорения конструкции, которое не вызовет потери конструкцией устойчивости

### **Методы исследования:**

В данной методике используется энергетический метод исследования



Для данной задачи используется идеальная постановка задачи:

- 1) Ось стержня идеально прямая
- 2) Сила  $F$  приложена идеально в центре стержня
- 3) Сила  $F$  действует идеально вдоль оси  $z$

Согласно второму закону Ньютона:

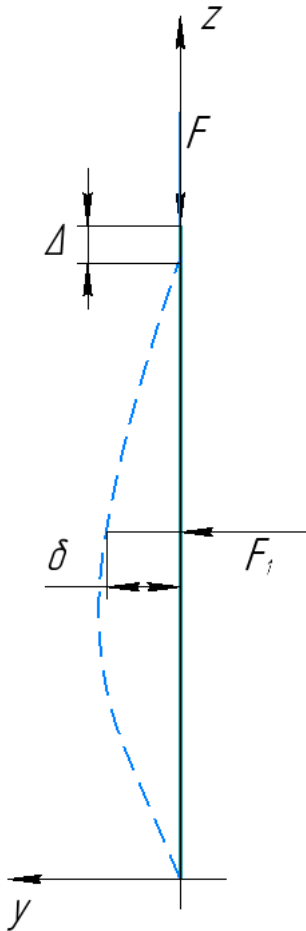
$$q = \rho A a_{\text{кр}}, \text{ где}$$

$q$  – распределенная сила инерции

$\rho$  – плотность материала стержня

$A$  – площадь поперечного сечения стержня

$a_{\text{кр}}$  – максимальное ускорение, которое можно приложить к стержню без дальнейшей потери им устойчивости



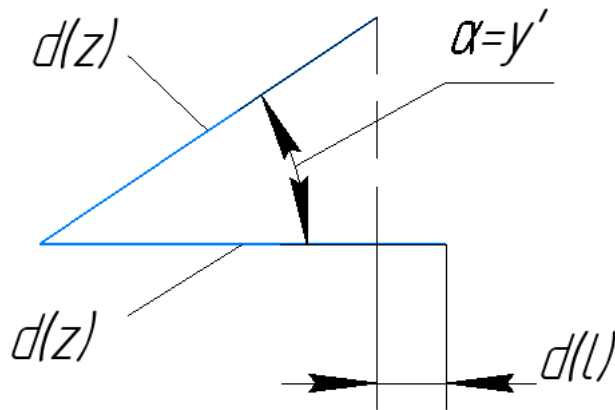
$$\frac{1}{2} F_1 * \delta + F * \Delta = U_{\text{изгиба}}$$

При увеличении значения силы  $F$  будет уменьшаться сила  $F_1$ , которую необходимо приложить, чтобы стержень получил такую же энергию деформации.

В предельном случае:

$$F_{\text{кр}} * \Delta = U_{\text{изгиба}}$$

$$U_{\text{изгиба}} = \int_0^L \frac{1}{2} E I_x (y'')^2 dz$$



$$\begin{aligned} d(l) &= dz(1 - \cos \alpha) = \\ &= dz \left( 1 - 1 + \frac{\alpha^2}{2} \right) = dz * \frac{\alpha^2}{2} \\ &= dz * \frac{1}{2} (y'')^2 \end{aligned}$$

$$\Delta = \int_0^L \frac{1}{2} (y'')^2 dz$$

$$F_{\text{кр}} = \frac{U_{\text{изгиба}}}{\Delta} = \frac{\frac{1}{2} \int_0^L E I_x (y'')^2 dz}{\frac{1}{2} \int_0^L (y'')^2 dz}$$