

$$f_2 \geq F(x', 0) = f_2', \quad x_2 < x' \leq x_3.$$

Для $x > x'$ ускорение отрицательно и в дальнейшем убывает.

Из условия неразрушения фрикционных элементов следует $F_{\text{тр}} \leq F_{\text{max}}$, поэтому величина f_2 должна быть ограничена сверху:

$$f_2' \leq f_2 \leq f_{\text{max}} = \frac{F_{\text{max}} l}{m_p R^2}. \quad (1.32)$$

Случай $f_2' > f_{\text{max}}$ означает, что радиальное ускорение не обращается в нуль на участке $[x_2, x_3]$.

Интегрируя (1.31), находим зависимость радиальной скорости от положения ротора:

$$\dot{x}^2 = \dot{x}_2^2 + (x - x_2) \left[\frac{q}{xx_2} \left(\beta \frac{x + x_2}{xx_2} - 2 \right) - 2f_2 \right], \quad x_2 \leq x \leq x_3, \quad (1.33)$$

где $\dot{x}_2^2$ определяется на конце участка упругого расширения согласно (1.18). Энергия упругого расширения элемента ротора, накопленная на участке $[x_0, x_2]$, может быть погашена работой сил трения на некотором участке $[x_2, x'']$, где происходит фрикционное подтормаживание. Это можно выразить равенством работ упругих сил и силы трения:

$$K_1 (x_2 - x_0)^2 / 2 = f_2 (x'' - x_2), \quad x_2 < x'' < x_3,$$

где f_2 подчиняется ограничениям (1.32). Работа силы трения на участке $[x'', x_3]$ идет на диссипацию энергии радиального движения ротора.

Фрикционное расширение происходит на участке, начальная и конечная точки которого выбираются по определенному правилу; ниже предлагается один из возможных вариантов методики выбора таких точек.

1.8. Выбор участков упругого и фрикционного расширения. Динамика управляемого радиального движения ротора

Выберем чередующиеся участки упругого и фрикционного расширения ротора применительно к задаче вывода ротора на орбиту в положение $x_k = 1,5$, т. е. с высотой $H_k = 0,5R = 3185$ км. Приняв в качестве характерного размера 1 км подъема, что соответствует шагу $\Delta x = 1,57 \times 10^{-4}$, получим для безразмерной высоты значение $h_k = 3185 \Delta x$.

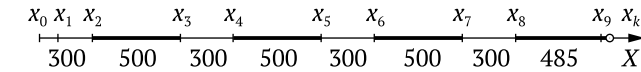


Рисунок 14 – Схема участков упругого и фрикционного расширения ротора

На рисунке 14 вдоль оси X , на которой откладывается безразмерный радиус ротора, приведена возможная схема участков упругого и фрикционного расширения ротора, последние выделены большей толщиной. Целые числа снизу участков (300, 500 и т. д.) означают в размерных величинах километры высоты; в безразмерных – число шагов Δx .

Номера точек, разделяющих участки, подчиняются определенному правилу. Нечетные точки x_1, x_3, x_5, x_7 являются точками выхода ротора на участки упругого расширения, которые в дальнейшем обозначаются теми же номерами. Точка x_1 соответствует началу выхода ротора без оболочки на участок упругого расширения в космосе. В точке x_1 безразмерная деформация ротора $\Delta x_1' = x_1 - x_0$ отлична от нуля; в точках x_3, x_5, x_7 , которые являются концами предшествующих участков фрикционного расширения, деформации равны нулю. Точка x_9 – особая точка последнего участка фрикционного расширения (см. п. 1.9).

Четные точки x_2, x_4, x_6, x_8 являются точками разделения ротора на фрагменты и началом участков фрикционного расширения; последние также будут иметь четные номера. Точку $x_0 = 1$ можно включить в число четных точек, учитывая, что она является начальной на участке $[x_0, x_1]$, где вместо внутренних диссипативных сил (фрикционных) действуют внешние – силы аэродинамического сопротивления атмосферы и притяжения оболочки к Земле.

Отметим три критерия выбора точек $x_2, x_3, x_4, \dots, x_8$ и тем самым величин участков упругого и фрикционного расширения.

Первый критерий следует из условия ограниченности относительных деформаций ротора на участках его упругого расширения. Пусть допустимая величина относительной деформации $\Delta x_{\text{max}} = 0,05$, тогда величина участков упругого расширения определяется условием

$$\Delta x_i = \frac{L_{i+1} - L_i}{L_i} = \frac{x_{i+1} - x_i}{x_i} \leq \Delta x_{\text{max}}, \quad i = 3, 5, 7, \quad (1.34)$$

где $L_i = 2\pi x_i R$ – длина ротора в положениях x_i .

На первом участке упругого расширения

$$\Delta x_1 = \frac{x_2 - x_0}{x_0} = 300 \Delta x = 0,0471 < 0,05,$$