

$$\frac{q}{x_k^2} \left(\frac{\beta_k(t_k)}{x_k} - 1 \right) \leq \varepsilon.$$

При этом полагаем, что положение орбиты $x(t_k)$ практически не отличается от конечного положения x_k . После преобразований получим оценку времени движения системы:

$$t_k \geq -\frac{1}{2\delta} \ln \frac{\varepsilon(\beta^{1/2} + \mu_n \beta_e^{1/2})^6}{q(1 + \mu_n)^4 (\beta^{1/2} - \beta_e^{1/2})^2}.$$

Пренебрегая величиной β_e по сравнению с β , найдем более простую оценку:

$$t_k \geq -\frac{1}{2\delta} \ln \frac{\varepsilon \beta^2}{q(1 + \mu_n)^4}.$$

Используя соотношение (2.27), получим в том же приближении:

$$t_k \geq -\frac{1}{2\delta} \ln \frac{gR}{\varepsilon r_k^2} = \frac{1}{2\delta} \ln \frac{V_1^2}{\varepsilon r_k^2}.$$

Таким образом, оценка времени выравнивания скоростей ротора и частей оболочки зависит от значений r_k – положения конечной орбиты, а также ε – точности приближения радиального ускорения к нулевому.

2.8. Задача о выводе системы на промежуточную орбиту

Для исследования рассматриваемого метода диссипации энергии радиального движения за счет подъема частей оболочки составлена программа и просчитан пример вывода системы на промежуточную орбиту высотой 3200 км над экватором. Как и в примере п. 1.10, зададим три группы параметров.

1. Постоянные параметры, значения которых такие же, как и в п. 1.10.

2. Параметры промежуточной орбиты: $x_n = 1,502655$, $\mu_n = 0,2$. Соответствующая величина начальной скорости ротора $V_0 = 10,612$ км/с; остальные параметры имеют те же значения, что и в п. 1.10.

3. Параметры, зависящие от координат промежуточных этапов: высота плотной атмосферы $H = 100$ км ($x' = 1,0154$); высота, где происходит первый останов системы и сброс части оболочки $H_1 = 200$ км ($x_1 = 1,0354$). Остальные 3000 км разбиты на пять этапов по 600 км, в начале и конце которых происходит очередной останов и затем сброс части оболочки, кроме пятого, который снова разбивается на пять этапов по 120 км и на них процедура остановок и сбросов частей оболочки повторяется. Дробление последнего этапа повторяется пять раз, при этом величина заключительного этапа 0,96 км. На этом этапе подключается сила трения между фрагментами ротора, и система выводится в положение промежуточной орбиты; общее число этапов $n = 21$. Как пояснено в п. 2.5, дробление последних этапов необходимо для уменьшения силы трения, используемой при торможении системы.

Результаты вычислений представлены на рисунках 19–23.

На рисунке 19 показано ступенчатое изменение коэффициента массы оболочки $\mu_i = m_i^{(i)}/m$, где m_i – масса оболочки на очередном i -м этапе движения системы. Вдоль оси абсцисс отложен безразмерный радиус системы с обозначением первого из пяти дроблений последнего этапа. По оси

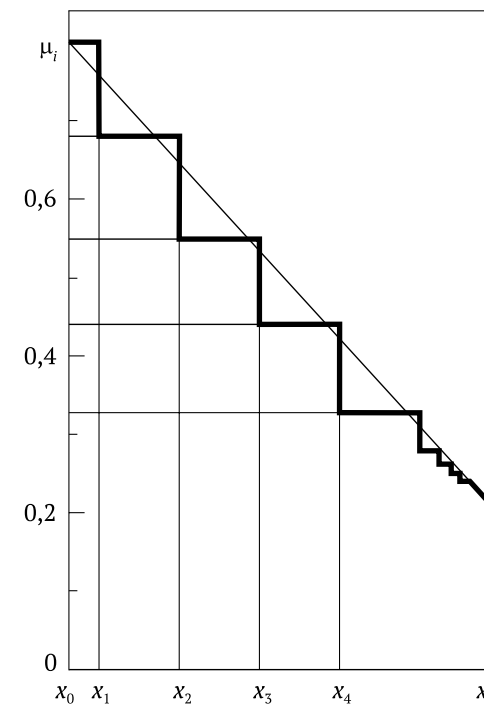


Рисунок 19 – Ступенчатое изменение коэффициента массы оболочки