после чего динамика радиального движения системы на последнем этапе полностью определяется.

С учетом (2.29) максимальное значение натяжения элемента от сил трения между фрагментами ротора

$$F_* = \frac{2mg\left(1+\mu_{n-1}\right)R}{lx_{n-1}^2 x_n}\left(x_n - x_{n-1}\right).$$

Эту величину можно регулировать: чем меньше разность $x_n - x_{n-1}$, тем меньше F_*, достигая значений, близких к весу элемента системы $mg(1 + m_{n-1})$ при условии $R(x_n - x_{n-1})/lx_{(n-1)}^2 x_n \to 1$.

Массовый коэффициент полезного действия системы определяется, как отношение поднятой массы к исходной:

$$\eta = \frac{m_\text{р} + m_\text{о}^{(n-1)}}{m_\text{р} + m_\text{о}} = \frac{1+\mu_{n-1}}{1+\mu_0}. \qquad (2.32)$$

Величина η близка к единице для низких орбит и уменьшается для более высоких, что аналогично поведению энергетического КПД. В любом случае, она намного превосходит соответствующую величину для ракетных систем.

2.6. Зависимость между параметрами системы на начальном и конечном этапах движения

Для начала радиального движения системы требуется выполнение условия (2.8). Для вывода системы с параметром остаточной массы оболочки $\mu_{n-1} = m_\text{о}^{(n-1)}/m$ (при этом $\mu_{n-1} < \mu_0 = m_\text{о}/m$) в положение промежуточной орбиты x_n требуется выполнение условия (2.28). Из сопоставления правых частей (2.28) и (2.8) вытекает:

$$\left(1+\mu_{n-1}\right)x_n - \left(1+\mu_0\right)x_0 > -\left(\mu_0 - \mu_{n-1}\right)\beta_e.$$

Правая часть отрицательна, поэтому полученное неравенство выполняется, в частности, если левая часть равна нулю:

$$\left(1+\mu_n\right)x_n = \left(1+\mu_0\right)x_0. \qquad (2.33)$$

Здесь учтено, что масса $m_\text{о}^{(n-1)}$ на этапе $[x_{n-1}, x_n]$ не меняется, т. е. $m_\text{о}^{(n-1)} = m_\text{о}^{(n)}$, $\mu_{n-1} = \mu_n$.

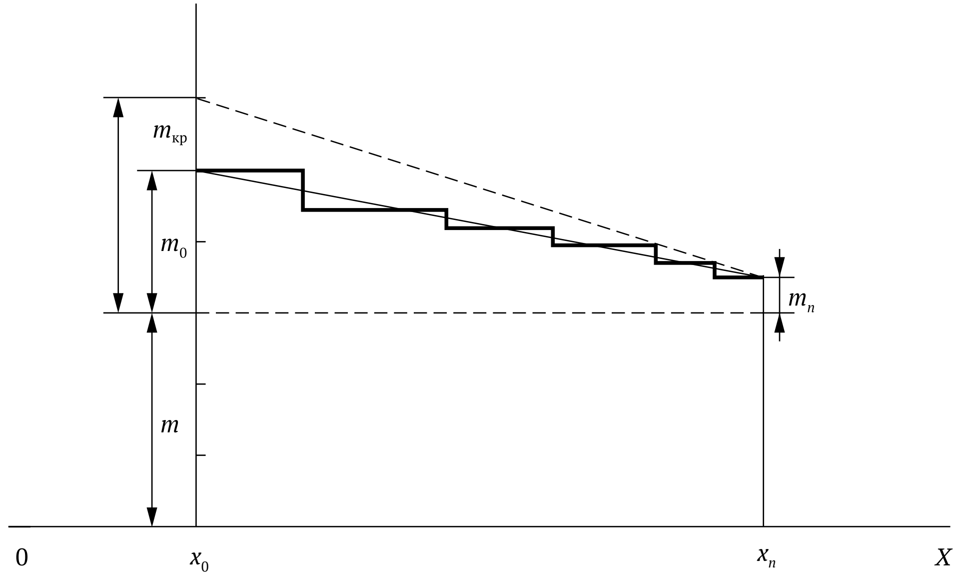

Рисунок 18 – Закон сохранения моментов масс

Из (2.33) следует обратная пропорциональность масс и расстояний. Умножив обе части (2.33) на массу m элемента ротора, получим:

$$\left(m + m_\text{о}^{(n)}\right)x_n = \left(m + m_0\right)x_0. \qquad (2.34)$$

Это соотношение имеет простую механическую интерпретацию. Произведение массы элемента на расстояние до некоторого центра является статическим моментом инерции, а зависимость (2.34) представляет собой условие равенства моментов инерции элементов системы в конечном x_n и начальном x_0 положениях относительно центра Земли (рисунок 18).

В точке x_0 ордината $m + m_0$ равна сумме начальных масс элементов ротора и оболочки, а ордината $m_0 + m_\text{кр}$, где $m_\text{кр} = \mu_\text{кр} m$, – сумме начальной и критической масс оболочки.

В точке x_n ордината равна сумме конечных масс $m + m_\text{о}^{(n)}$. Соотношение (2.34) или (2.33) можно интерпретировать как правило сохранения моментов масс, сосредоточенных в точках x_0 и x_n, аналогичное правилу равновесия рычага с опорой в центре Земли. О рычаге таких масштабов мечтал еще Архимед.

Точки x_n и x_0 можно выбирать произвольно, что следует из правила небесной механики [23], поэтому все точки прямой, проходящей через концы